تخطيط النقل وهندسة المرور

الأستاذ الدكتور/ على محمد عبد المنعم حسن
كلية الهندسة -جامعة الإسكندرية

الإسكندرية ٢٠٠٧

By
Eng.Osama Tarek

مقـــدمة

مع التطور الإقتصادى والإجتماعى والحضارى بمدننا العربية العريقة، تزداد حاجة المواطنين للتنقل. ومع زيادة أعداد السكان وملكية السيارات الخاصة، دون زيادة تذكر فى مساحة الطرق، تتضاعف مشاكل النقل والمرور.

الإختناقات المرورية، الإنتظار العشوائى للسيارات، سوء مستوى خدمات النقل العام، الحوادث، التلوث الناتج عن الضوضاء والعوادم، كل هذه المشاكل لها تأثير سلبى، ليس فقط على الإقتصاد القومى، بل أيضاً على البيئة التى نعيش فيها، على صحة المواطنين وقدرتهم على الإنتاج، وكذلك على المدن نفسها والتى بدأت بالتدريج تفقد طابعها التاريخى المميز.

وإن كانت مشاكل النقل والمرور لا تنفرد بها المدن العربية، بل تعانى منها العديد من مدن العالم، إلا أن الأساليب الحديثة فى التخطيط، والتى تتطور عاماً بعد آخر، ما زالت بعيدة إلى حد ما عن الكثير من المدن العربية. ويرجع السبب فى ذلك إلى العجز الكبير فى أعداد مهندسى تخطيط النقل وهندسة المرور.

يتضمن هذا الكتاب المبادئ الأساسية التى يحتاجها المهندس المتخصص، وكذلك طلبة كليات الهندسة الذين لم يدخلوا بعد الحياة العملية. وقد حاولت عن طريق الشرح المفصل عرض عناصر تكنولوجيا تخطيط النقل وهندسة المرور داخل المدن، وإلقاء الضوء على أهم النظريات والأساليب المختلفة فى التخطيط والتشغيل، وأتمنى أن أكون قد وفقت فى ذلك.

أشكر جميع من عاونني فى تجهيز هذا الكتاب، وأخص الذكر إبنتى سارة الطالبة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة – جامعة الأسكندرية، لقيامها بإعداد معظم الأشكال، وتصميم الغلاف.

أ.د. على محمد عبد المنعم حسن

فهرس المحتويات

الباب الثاني: تخطيط النقل العام

الباب الثالث: تخطيط النقل والبيئة

تخطيط النقل

Transportation Planning

١- مقدمة

التخطيط العام للنقل داخل المدن قضية متعددة الجوانب، تتعرض لحياة المواطنين الخاصة وتحركاتهم، فكل مواطن يختار وفقاً لظروفه الشخصية زمن قيامه برحلاته اليومية للأغراض المختلفة، ووسيلة المواصلات المستخدمة، وربما أيضاً الطريق الذى سيسلكه.

ومع الزيادة المستمرة فى أعداد السكان بالمدن ومتطلبات الحياة الحضرية الحديثة، تصبح نظم النقل المتاحة تدريجياً غير قادرة على تحقيق مستوى خدمة مناسب لنقل المواطنين. كذلك تتسبب الزيادة المضطردة فى أعداد السيارات ووسائل النقل المختلفة فى تولد الإختناق ومشاكل المرور على شبكات الطريق، فتزداد أعداد الحوادث وتتعرض المدن للضوضاء والتلوث نتيجة عوادم السيارات.

إن التخطيط العام للنقل داخل المدن قضية متعددة المراحل، والهدف الأساسى منها هو وضع القواعد اللازمة لضمان الإستقرار الدائم لنظم النقل لمجابهة التطور الحضرى المستمر، وذلك وفقاً لبرنامج أهداف محدد يضمن، بقدر الإمكان، تلبية رغبات المواطنين للتنقل بأمان وبمستوى خدمة مناسب.

إن التخطيط العام للنقل داخل المدن، وهو جزء لا يتجزأ عن التخطيط العمرانى، قضية لا نهاية لها، فهو قابل للتعديل والتطوير المستمر على ضوء ما يستجد بالمدينة موضوع الدراسة.

٢- خصائص الرحلات داخل المدن

Trip Characteristics or Travel Behaviour

عند تخطيط مشاريع النقل يسعى المخطط للتعرف على خصائص تحركات المواطنين داخل المدينة موضوع الدراسة، أو بتعبير آخر التعرف على خصائص رحلات المواطنين. ويقصد بالرحلة هنا الطريق بين نقطتين (بداية الرحلة ونهاية الرحلة أو المصدر والهدف)، والذى يقطعه المواطن لغرض معين، وفى وقت معين، وبوسيلة نقل معينة.

وعلى ذلك فإن خصائص الرحلات يمكن التعبير عنها بأنها الإسلوب المميز للرحلات من حيث :

- الغرض
- التكرار
- وسائل التنقل المستخدمة
- التوزيع الجغرافى
- التوزيع الزمنى

وللوصول إلى تخطيط منطقى يحوى خصائص ورغبات المواطنين، يسعى المخطط لدراسة تأثير المواطن (من حيث السن- الجنس- الوظيفة- المستوى التعليمى- وخلافه) فى تولّد هذه الرحلات.

٢-١ أغراض الرحلات

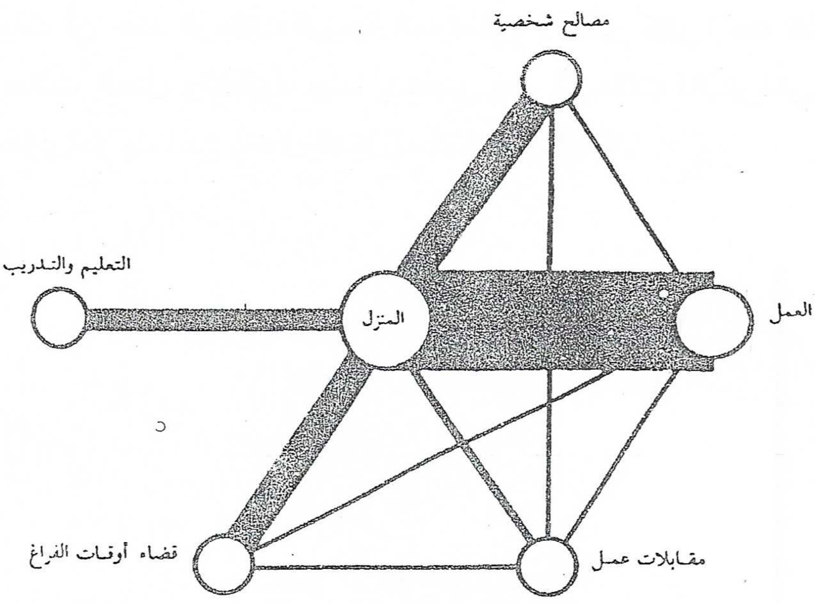
Trip Purpose

يتحرك المواطنون داخل المدن من أجل تحقيق أهداف مختلفة منها:

- الذهاب للعمل
- التعليم والتدريب
- مقابلات عمل
- تادية المصالح الشخصية
- قضاء أوقات الفراغ

وبتحليل أعداد الرحلات للأغراض المختلفة بمدن العالم الثالث، إتضح أن حوالى ثلث مجموع الرحلات اليومية بهذه المدن هى رحلات بغرض قضاء أوقات الفراغ وتأدية المصالح الشخصية، وهى الرحلات ذات الطابع الإختيارى.

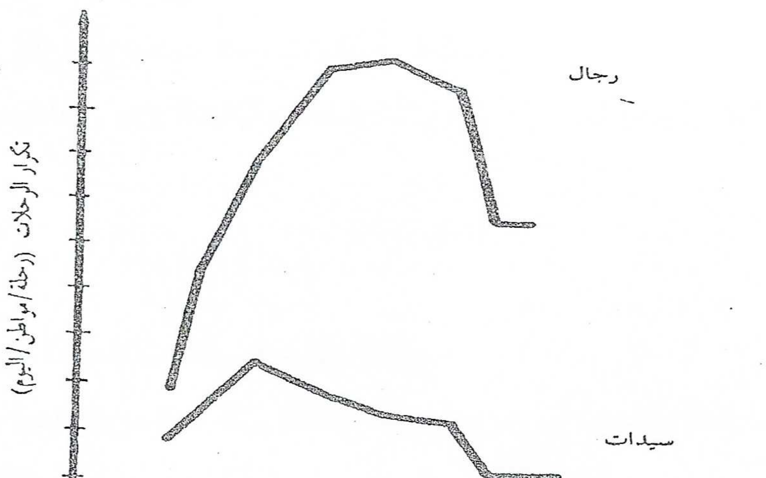
هذه النسبة ضئيلة بالمقارنة بمثيلتها بمدن الدول المتقدمة والتى قد تصل إلى أكثر من ثلثى مجموع الرحلات اليومية. ويمكن تعليل ذلك بأن مشاكل التنقل والمرور ومستوى المعيشة بمدن العالم الثالث تؤثر تأثيراً مباشراً فى تحديد نوعية الرحلات فتكون الأولوية لرحلات العمل والتعليم ذات الطابع الإلزامي (شكل رقم ١) .



شكل ١: توزيع الرحلات على الأغراض المختلفة – مثال القاهره الكبرى

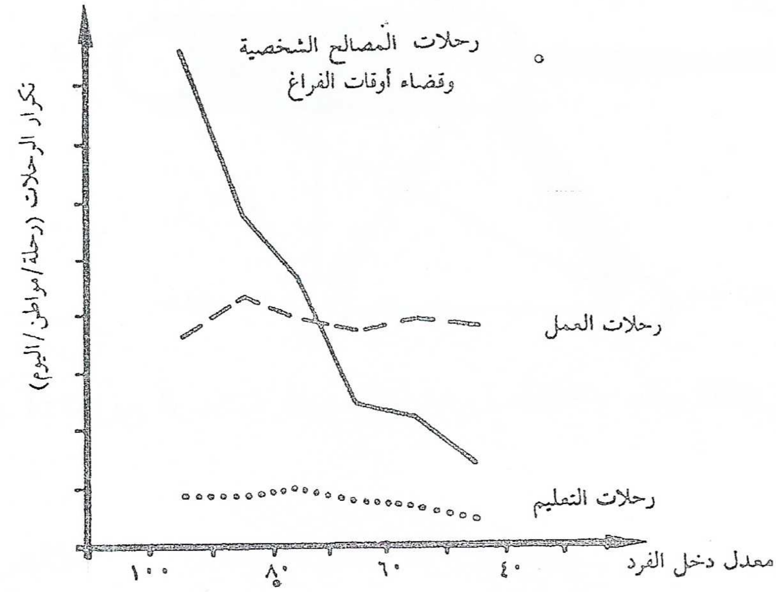
٢-٢ تكرار الرحلات
Mobility

(يمكن التعبير عن تكرار الرحلات بمتوسط عدد الرحلات التي يقوم بها المواطن في اليوم الواحد (رحله /مواطن/يوم) وتتغير أعداد الرحلات لكل مواطن تبعا لتغير السن، الجنس والمستوي الإجتماعي، كذلك مع تنوع أغراض الرحلات) ونتيجة دراسة تأثير العمر والجنس على أعداد الرحلات – بصفة عامة – يتضح أن عدد مرات تكرار الرحلات اليومية للمواطنين تزداد تدريجيا كلما زاد العمر حتى تصل الى أقصى قيمة لها (بين ٤٠-٥٠ عاما للرجال، ٢٠-٤٠ عاما للسيدات)، ثم تنخفض بعد ذلك تدريجيا (شكل ٢).



شكل٢ : تأثير العمر والجنس على تكرار الرحلات

كما يتضح أيضا أن عدد الرحلات اليومية للرجال تزيد كثيراً عن عدد رحلات السيدات. وقد أثبتت الدراسات أن عدد الرحلات اليومية للمواطنين لا تتأثر كثيراً عند قطع الرحلات ذات الطابع الإلزامى (رحلات العمل والتعليم)، بينما ينخفض عدد الرحلات للأغراض الأخرى تدريجياً كلما إنخفض المستوى الإجتماعى (معدل الدخل)، كما فى شكل ٣.



شكل ٣: تأثير المستوى الإجتماعى على تكرار الرحلات

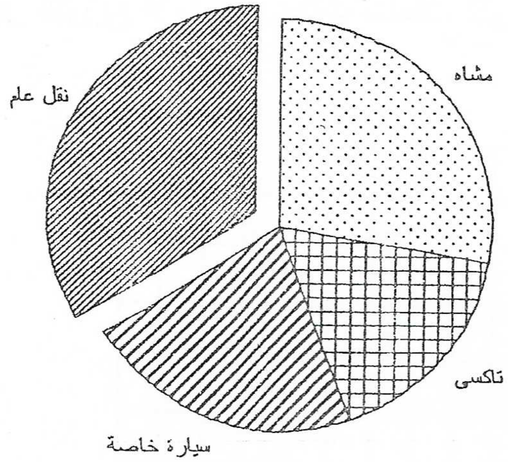
هذا وقد أثبتت الدراسات أيضاً أن متوسط عدد رحلات المواطنين بمدن الدول النامية أقل بكثير عن عدد رحلات المواطنين بمدن الدول المتقدمة، ويرجع ذلك للأسباب الآتية:

- مشاكل التنقل والمرور تدفع كثيراً من مواطنى الدول النامية إلى الإستغناء عن بعض الرحلات ذات الطابع الإختيارى.
- إنخفاض تكرار رحلات السيدات بالدول النامية.
- أعداد المواطنين من الشباب والأطفال أقل من ٢٠ عاماً بالدول النامية حوالى نصف أعداد السكان.

٢-٣ توزيع الرحلات على وسائل النقل **Modal Split**

نسب توزيع أعداد الرحلات التى يقطعها المواطنين يومياً بوسائل النقل المختلفة، كما فى شكل ٤:

- على الإقدام
- السيارة الخاصة
- النقل العام
- التاكسى



شكل ٤: نسب توزيع الرحلات على نظم النقل المختلفة (مثال)

ويتوقف إختيار المواطن لوسيلة نقل ما على عوامل كثيرة منها:

- السن والجنس والوضع الإجتماعى
- مستوى الخدمة بالنقل العام
- ملكيته لسيارة خاصة
- تكاليف وزمن الرحلة
- توافر أماكن إنتظار (عند نهاية الرحلة)
- غرض الرحلة

٢-٤ التوزيع الجغرافى للرحلات

(O/D) Matrix

Origin/Destination of the Trips

يقصد بالتوزيع الجغرافى للرحلات تحديد عدد الرحلات بين مراكز الحركة المختلفة (خلايا النقل) بالمدينة موضوع الدراسة، وذلك من مصدر معين origin إلى هدف معين destination، لكل وسيلة نقل ولأغراض الرحلات المختلفة.

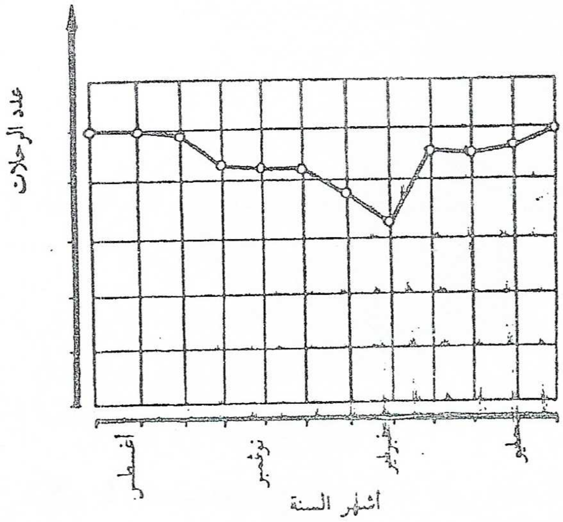
٢-٥ التوزيع الزمنى للرحلات (شكل ٥)

Time Distribution of Trips

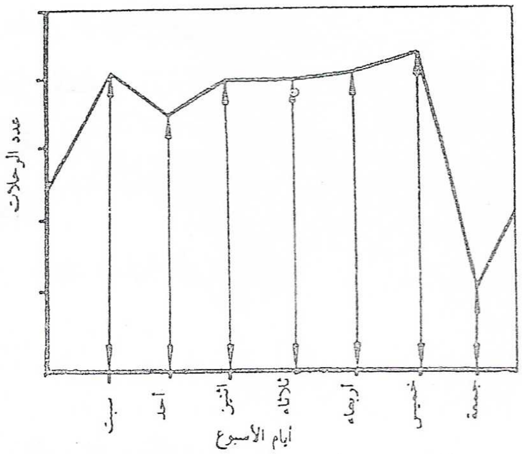
تتغير أعداد الرحلات بالمدن وذلك:

- شهريا على مدار العام
- يوميا خلال الأسبوع
- وفى كل ساعة من ساعات اليوم الواحد

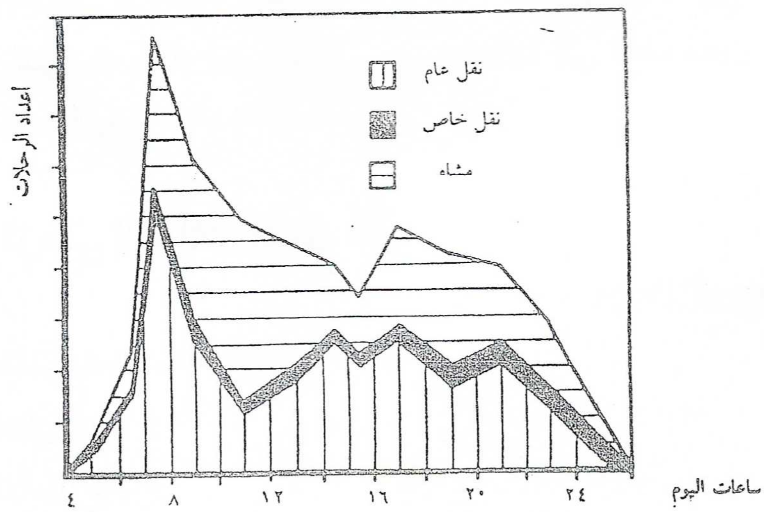
ويتضح من تحليل التوزيع الزمنى للرحلات قلة عدد الرحلات خلال أشهر الأجازات وأيام عطلـــة نهاية الإسبوع، كذلك يظهر التوزيع الزمنى للرحلات ساعات الذورة اليومية.



شكل ٥- أ: توزيع الرحلات شهريا على مدار العام



شكل ٥- ب: التوزيع اليومي للرحلات خلال أسبوع



شكل ٥ - ج: توزيع الرحلات خلال ٢٤ ساعة

٣- مراحل تخطيط النقل (شكل ٦)

Transportation Planning Process

ينفذ التخطيط الشامل للنقل بالمدن على عدة مراحل:

١- جمع وتحليل البيانات

٢- التنبؤ بالمستقبل

٣- وضع الحلول البديلة (والتنبؤ بفاعليتها)

٤- تقييم الحلول البديلة (فنيا وإقتصاديا وبيئيا وإجتماعيا)

٥- إختيار الحل الأمثل الذى يحقق برنامج الأهداف

٦- التصميم والتنفيذ والمتابعة

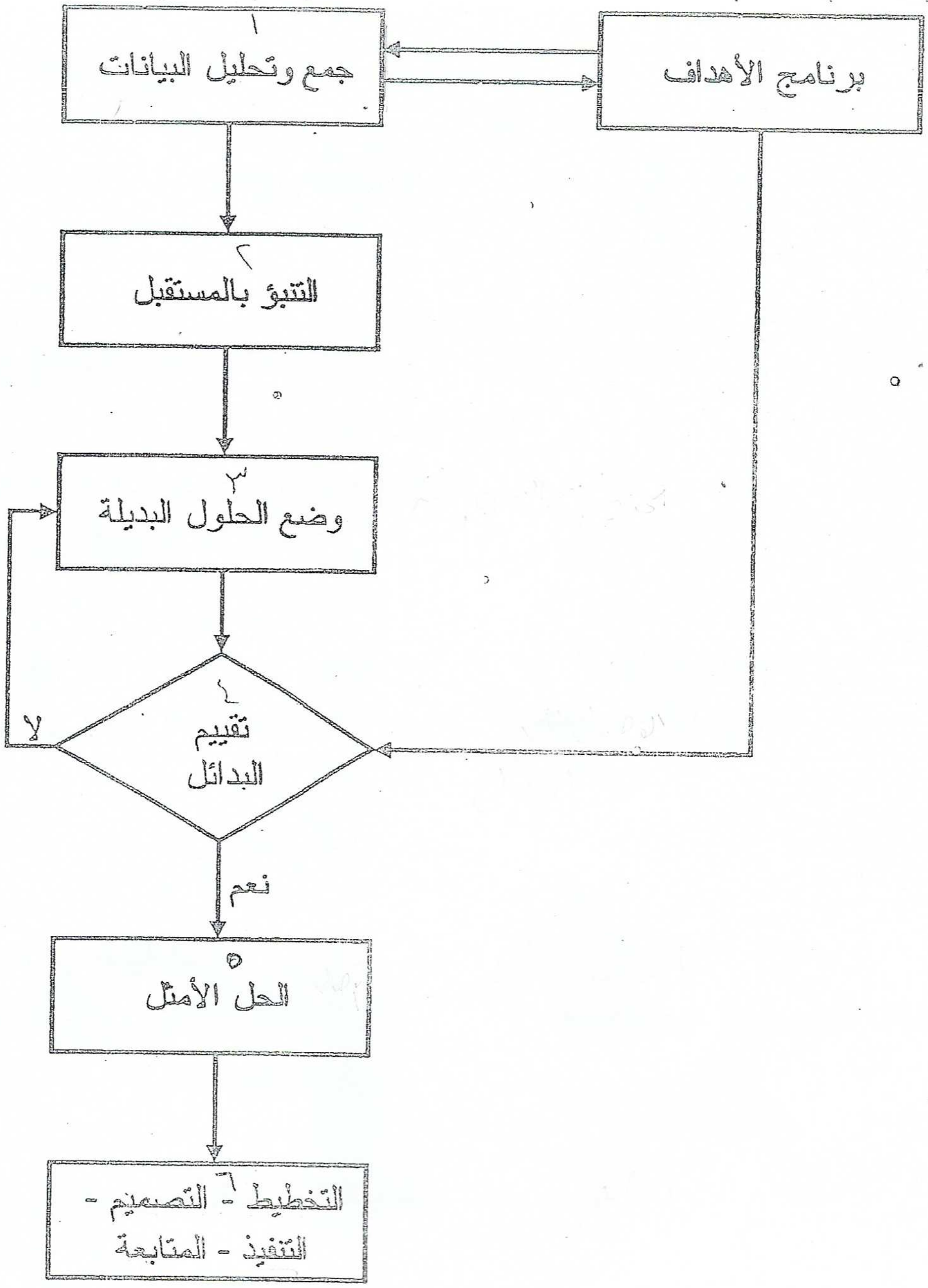
هذا وفى حالة ظهور أية ملاحظات عند المتابعة أو فى حالة الرغبة فى تغيير نظام الأهداف (لرفع مستوى الخدمة، على سبيل المثال)، يتم إعادة مراحل التخطيط مرة أخرى بهدف الوصول لحل أمثل جديد.

٣-١ جمع وتحليل البيانات

Data Collection and Analysis

من الضرورى فى هذه المرحلة تحديد ما يلى:

- الهدف من جمع البيانات
- المنطقة موضوع الدراسة وتقسيمها لخلايا نقل
- نوعية البيانات
- طرق جمع البيانات
- العينة الإحصائية



شكل ٦: مراحل التخطيط الشامل

٣-١-١ الهدف من جمع البيانات

Objectives of Data Collection

من الطبيعي أنه لا يمكن معالجة مشكلة ما قبل إكتشاف حدوثها. وفى الغالب لا يمكن تحديد المشكلة إلا عن طريق ملاحظة آثارها، وعلى هذا فإنه لإجراء تخطيطاً بهدف معالجة مشاكل النقل والمرور بإحدى المدن لابد أولا من جمع بيانات معينة لتحديد ماهية المشكلة ومعرفة العوامل المسببة لها لإمكان البحث عن حل لها. وتجمع البيانات أيضاً بهدف التعرف على الإحتياجات اليومية للمواطنين للتنقل للعمل على تغطيتها بقدر الإمكان.

٣-١-٢ المنطقة موضوع الدراسة

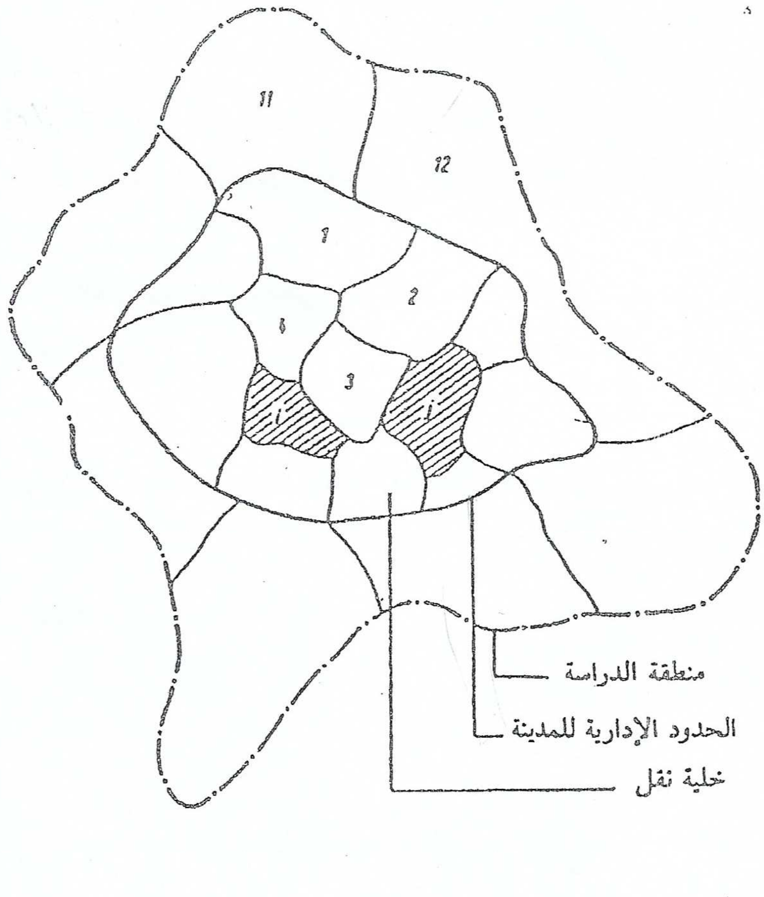
The Study Area

قبل البدء فى عملية جمع البيانات يقوم المخطط بتحديد المنطقة موضوع الدراسة، وغالبا ما تمتد خارج الحدود الإدارية للمدينة لتشمل أيضاً المناطق المجاورة التى تؤثر رحلات مواطنيها على نظام المواصلات بالمدينة (الرحلات اليومية البندولية ذهاباً وعودة). وبعد تحديد المنطقة موضوع الدراسة يقوم المخطط بتقسيمها إلى خلايا صغيرة تعرف بخلايا النقل Traffic Zones (شكل ٧).

ومن الصعب وضع قواعد لتقسيم مدينة ما لخلايا نقل نظراً لإختلاف التخطيط العمرانى لكل مدينة، كذلك يرتبط تحديد مساحة كل خلية على الدقة المطلوب تحقيقها من التخطيط، وإن كانت الخصائص العامة لخلايا النقل التى ينصح بها وفقاً للخبرة العلمية يمكن إيجازها فيما يلى:

- تجانس الخلية من حيث طبيعة إستعمالات الأراضى والمستوى الإجتماعى لسكانها.
- يجب أن يمر داخل الخلية طريق أو أكثر.
- لا يزيد عدد السكان أو أماكن العمالة بالخلية فى الغالب عن ٥٠,٠٠٠ ولا يقل عن ٢,٠٠٠ .

هذا وقد تنطبق حدود خلايا النقل مع الحدود الإدارية للمدن (أحياء- أقسام- شياخات) أو لا تنطبق.



شكل ٧: منطقة الدراسة وتقسيمها لخلايا نقل

٣-١-٣ نوعية البيانات

The Types of the Data

البيانات التى يحتاج المخطط لتجميعها عن المنطقة موضوع الدراسة يمكن إيجازها فيما يلى:

١- بيانات عامة (التطور التاريخى، الظروف الطبيعية)

٢- التكوين الحضرى (إستخدامات الأراضى- التطور الحضرى- العمالة- الأوضاع الإجتماعية والإقتصادية)

٣- نظام المواصلات (عناصر النظام- خصائص الرحلات)

أولاً - البيانات العامة

General Data

أ) التطوّر التاريخى

دراسة التخطيط العمرانى للمدينة وقت إنشاؤها، ثم تطورات نموها (سواء كان ذلك نمواً وفقاً لتخطيط أو نمواً عشوائيا) وذلك بغرض التعرف على:

- المبادئ الأساسية لتخطيط المدينة وفقا للعادات الإجتماعية والدينية
- إتجاهات نمو المدينة والأسباب التى نتج عنها إختيار تلك الإتجاهات وفقا للظروف الطبيعية

ب) الظروف الطبيعية

- الظروف الجوية (درجات حرارة- الرطوبة- الأمطار- الرياح)
- الجيولوجية (تكوين الطبقات- تحركات المياه الجوفية- أنواع الفوالق)
- الطبوغرافية (التضاريس- العوائق الطبيعية "الجبال، الأنهار، الأراضى الزراعية")

ويستخدم المخطط البيانات الخاصة بالظروف الطبيعية للمنطقة موضوع الدراسة فى:

- إختيار وسائل النقل الملائمة
- إختيار موقع شبكة الطرق ومسارات وسائل النقل العام
- حماية المشاه وكذلك المواطنين عند المحطات من الظروف الجوية

ثانياً- التكوين الحضرى

Urban Context

أ) إستخدامات الأراضى Land Use

المقصود بإستخدامات الأراضى هو كيفية الإستغلال العمرانى للمساحات المتاحة بالمنطقة موضوع الدراسة. ويمكن تحديد ذلك عن طريق تجميع بيانات عن:

- نوعية إستخدامات الأراضى **Land Use Categories**

المساحات المبنية- المساحات الصالحة للبناء- المساحات المخصصة للطرق وإنتظار السيارات- المساحات الخضراء

- كثافة إستخدامات الأراضى وتوزيع الكثافات بالمدينة **Land Use Densities**

الكثافة السكانية- الكثافة العمالية

- نظام إستخدامات الأراضى **Land Use System**

توزيع المساحات المختلفة بجوار بعضها داخل المدينة- موقع مركز المدينة والمراكز الفرعية- توزيع أماكن العمل.

تستخدم تلك البيانات المجمعة فى دراسة العلاقة التى تربط تحركات المواطنين داخل المنطقة موضوع الدراسة بإستخدامات الأراضى، وذلك بهدف التنبؤ بحجم تلك التحركات فى المستقبل، ما إذا تغير إسلوب إستخدام الأراضى لتحقيق ظروف معيشة أفضل للمواطنين. الجدول التالى يبين الأستخدام الأمثل للأراضى بالمدن.

إستخدامات الأراضى	النسبة المطلوبة من مساحة المدينة (%)	الكثافة المطلوبة (م٢/ الساكن)
السكن	٣٤	٣٠- ٧٥
العمل	١٩	٢٠- ٤٠
الطرق	١٢	١٠- ٢٥
المرافق العامة (مدارس- جامعات- أندية- مقاهي- المرافق الهندسية)	١٠	٦- ١٧
المساحة الخضراء	٢٥	٢٥- ٥٠
المجموع	١٠٠	٩١- ٢٠٧

ب) التطور الحضرى **Urban Development**

يقصد بالتطور الحضرى بدولة ما هو زيادة معدل نمو عدد سكان المدن بها عن معدل نمو عدد سكان أهل الريف، وهذا يرجع إلى الهجرة المستمرة للمدن، وعلى وجه الخصوص إلى المدن الكبرى. وبصفة عامة فإن الهجرة للمدن تنشأ نتيجة قوى جذب للمدن وقوى طرد من الريف.

قوى الجذب نتيجة تمركز الأنشطة التجارية والصناعية والإدارية والخدمات بالمدن، كذلك تزايد فرص التعليم وأماكن قضاء وقت الفراغ، فضلاً عن تمتع المدن بالكهرباء والمياه والتليفونات والطرق المرصوفة وغيرها من مظاهر المدينة.

وقوى الطرد نتيجة إزدياد عدد سكان الريف عن إحتياجات الزراعة، فمعدل زيادة الرقعة الزراعية غالباً ضئيل. كذلك تتولد قوى الطرد نتيجة تفتت الملكية الزراعية وضعف الدخل فى الريف عن المدن.

إن النمو الحضرى رمزاً للحضارة، ولكنه يؤدى بصورة غير مباشرة إلى أضرار جسيمة للمدن، فغالباً ما ينتج عنه عدم قدرة المدن الكبرى ومرافقها على إستيعاب أعداد المهجرين. ونظرا لقلة فرص العمل فهم يسعون بشتى الطرق – سواء مشروعة أو غير مشروعة- لتوفير فرص الحياة لهم فهم يعتبرون حياتهم فى المدينة (مهما كانت) إرتفاعاً فى مستوى معيشتهم.

إن عناصر النمو الحضرى بمدينة ما هى:

- الزيادة الطبيعية (مواليد – وفيات)
- الهجرة إلى المدن

ويمكن حساب معدل الهجرة بمدينة ما بإستخدام العلاقة التالية:

معدل الهجرة = معدل زيادة السكان– معدل الزيادة الطبيعية

مثال

فى الفترة بين ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٥ كان معدل الزيادة السكانية بمدينة ما ٤% سنوياً والزيادة الطبيعية ٢% أحسب معدل الهجرة خلال هذه الفترة.

الحل

معدل الهجرة (٢٠٠٥-١٩٩٩) = ٤-٢ = ٢% سنوياً

ج) العمالة Employment

نظراً لأن معظم التحركات اليومية للمواطنين بالمدن تجرى بهدف الذهاب إلى أماكن العمل والعودة منها، لذا فإن الوصف الدقيق لظروف العمالة بالمدينة موضوع الدراسة يتوقف عليه صحة التنبؤ بحجم التنقلات اليومية للمواطنين بها. ولوصف ظروف العمالة بمدينة ما تجمع بيانات عن:

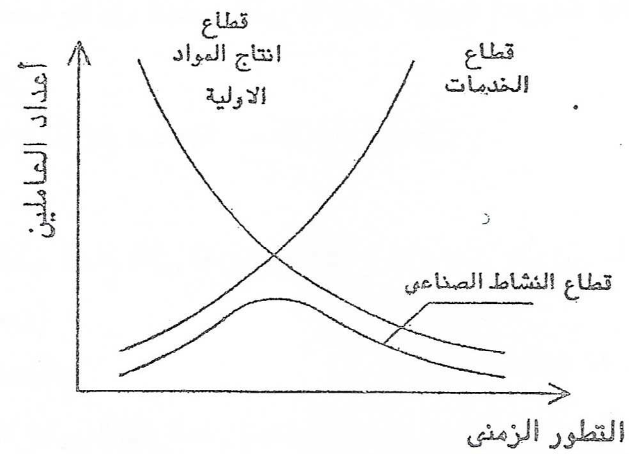
- التطور التاريخى لأعداد العاملين بالمدينة
- التطور التاريخى لمعدلات العمالة بالمدينة (معدل العمالة= أعداد العاملين بالمدينة كنسبة من أعداد السكان بها)
- توزيع أعداد العاملين وفقاً لنوع الوظائف (شكل ٨)

ويمكن تقسيم أنواع الوظائف إلى القطاعات الإقتصادية المختلفة التالية:

النوع الأول: إنتاج المواد الخام (زراعة- الصيد- المناجم)

النوع الثانى: الإنتاج الصناعى (صناعة- طاقة- بناء- ورش)

النوع الثالث: الخدمات (تجارة- مواصلات- تأمين- بنوك- مطاعم- خلافه).



شكل ٨ : التطور الزمنى لأعداد العاملين بالقطاعات الإقتصادية المختلفة

د) الأوضاع الإجتماعية – الإقتصادية Socio-economic Conditions

يقصد بدراسة الوضع الإجتماعى- الإقتصادى هو وصف حالة المواطنين الإجتماعية نتيجة الظروف الإقتصادية بالمنطقة موضوع الدراسة، وذلك بهدف البحث عن العلاقة المتبادلة بين هذه الأوضاع وخصائص رحلات المواطنين. ولوصف الأوضاع الإجتماعية- الإقتصادية بمنطقة ما تستخدم عادة بعض المقاييس مثل:

- قيمة الإنتاج المحلى
- توزيع الدخول
- توزيع الأعمار
- عدد الأفراد بالأسرة
- مستوى التعليم
- ملكية السيارات (سيارة/١٠٠٠ مواطن) Motorization
- إستهلاك الكهرباء والمياه

ثالثاً - نظم المواصلات

Transportation Systems

للحصول على صورة واضحة لنظام المواصلات الحالى بمدينة ما، من الضرورى تجميع بيانـــات عن عناصر نظم النقل المختلفة (النقل العام، وحدات السير الخاصة، والمشاه). هذا بالإضافة إلى بيانات عن خصائص الرحلات الموضحة سابقاً تحت بند ٢.

أ) نظم النقل العام — Public Transport Systems

- الشبكة — **Network**

طول الشبكة - شكلها- كثافتها (متر/ مواطن) - عدد الخطوط- مجال تأثير المحطات- أطـــوال المسارات الخاصة بالنقل العام والتى لا تسير عليها العربات الخاصة.

- وحدات السير — **Transport Modes**

عددها- نوعها- تاريخ صنعها- صلاحيتها للعمل

- التشغيل — **Operation**

عدد وحدات النقل العام التى تمر عند قطاع عرضى بطريق ما خلال فترة زمنية محــددة (وحـــدة سير/ وحدة زمن)

- مستوى الخدمة — **Level of Service**

معامل الإعتماد على النقل العام (جداول المسير وكفاءة تنفيذها)- السرعات- زمن الرحلة

- تعريفة النقل — **Tariff**

قد تكون تعريفة النقل موحدة لجميع وسائل النقل العام أو متغيرة (وفقاً لطول الرحلة ووسيلة النقل)

- الزيادة السنوية فى أعداد الركاب — **Increasing the Number of Passengers**

ب) نظام النقل على الطرق — Road Transport

- شبكة الطرق — **Road Network**

طول الشبكة - شكلها- كثافتها (متر/ مواطن أو متر/ وحدة سير)- أنـــواع الطـــرق وقطاعاتهـــا (طرق سريعة- شوارع رئيسية- شوارع تجميع- شوارع محلية)- الأعمال الصناعية (كالكبـــارى والأنفاق)- أنواع الطرق وفقاً لقواعد المرور (شوارع اتجاه واحد- اتجاهين- شوارع بها حارات خاصة للنقل العام- شوارع للنقل العام فقط)، تجهيزات الطرق من إشارات وعلامـــات مروريـــة، ممرات مشاه.

- خصائص المرور — **Traffic Characteristics**

التوزيع الزمنى لحجم المرور على شبكة الطرق- تركيبة المرور- مشــغولية الســيارة الخاصـــة (راكب/ سيارة)- السرعة- سعة الطرق - العلاقة بين السرعة ومشغولية كل طريق - مســـتوى الخدمة لكل طريق، أماكن الإختناقات ونوعها.

- إنتظار السيارات Parking

التوزيع الجغرافى لأماكن الإنتظار داخل المدينة- نوع الإنتظار (على جانب الطريق- بجوار عدادات- فى جراجات أو أماكن إنتظار عامة أو خاصة)- نظام تخطيط أماكن الإنتظار- زمن الإنتظار- تعريفة الإنتظار.

- تطور أعداد حوادث المرور Historical Development of Accident Number

التطور التاريخى لأعداد الحوادث ومواقعها وأسبابها (خلل بوسيلة النقل، أخطاء سائقين، عيوب فى الطريق)، بالإضافة إلى نوعية الحوادث (موت- جرحى- خسائر مادية).

ج) عناصر نظام تحركات المشاه Pedestrian Movements

- طرق المشاه والمناطق المخصصة للمشاه فقط: طول الشبكة- شكلها- كثافتها
- قواعد حماية المشاه عند التقاطعات والمدارس والمناطق التجارية (إشارات مرورية- جزر المشاه- حواجز الأمان – ممرات المشاه).

٣-١-٤ طرق جمع البيانات

Methods of Data Collection

لإمكان إجراء تخطيط لمشاريع النقل يحتاج المخطط جمع بيانات عديدة عن طريق:

- الإستقصاء
- العد والقياس

يطلق لفظ (مساح) على الفرد الذى يقوم بجمع البيانات عن طريق الإستقصاء أو العد والقياس.

أولاً: الإستقصاء Questionnaire

عن طريق الإستقصاء يمكن جمع بيانات عن خصائص الرحلات التي يقوم بها المواطنين فى المنطقة موضوع الدراسة، كذلك جمع بيانات عنهم (السن- الجنس- الوضع الإجتماعى). وفقاً للخبرة العملية فإن بعض المواطنين لا يعطون بيانات دقيقة أثناء الإستقصاء لعدم إدراكهم لأهميته، لذا فمن الضرورى قبل إجراء الإستقصاء توعية الجماهير عن طريق وسائل الإعلام عن أهمية هذه البيانات فى الحصول على تخطيطا سليما يراعى فيه تغطية إحتياجاتهم.

ومن طرق الإستقصاء المعروفة:

- إستقصاء المنازل Household Interview
- إستقصاء الطرق (الكردون) Roadside Interview
- إستقصاء أماكن الإنتظار Park Place Interview
- إستقصاء النقل العام Public Transport Interview

أ) إستقصاء المنازل (شكل ٩)

من الضروري لإجراء التخطيط الشامل للنقل إجراء إستقصاء بالمنازل. هذا وقد يتطلب تخطيط بعض مشاريع النقل إلى جمع بيانات من أماكن الأعمال Work Place Interview (المصالح الحكومية – الشركات – المصانع) أو المدارس أو الجامعات. ولإجراء الإستقصاء بالمنازل يجب أولاً تحديد عدد معين من الوحدات السكنية يتم فيها الإستقصاء عن رحلات أفرادها، إذ أنه من الصعب (بسبب الجهد والتكاليف) جمع بيانات من جميع الوحدات السكنية بالمنطقة موضوع الدراسة.

ومن الصعب إحصائياً هنا تحديد العينة التى تمثل المجتمع (المجموع الكلى للوحدات السكنية) بدرجة ثقة معينة، وإن كانت تحدد وفقاً للخبرة العملية كما بالجدول التالى:

عدد السكان بالمنطقة موضوع الدراسة	حجم العينة (الوحدات السكنية المختارة للاستقصاء)	حجم العينة كنسبة مئوية من حجم المجتمع (%)
< ١٠٠ ٠٠٠	وحدة سكنية من كل ٤ وحدات سكنية	٢٥
١٠٠ ٠٠٠ – ١٥٠ ٠٠٠	٧٠	١٤,٣
– ٣٠٠ ٠٠٠	١٠	١٠
– ٥٠٠ ٠٠٠	١٥	٦,٧
٥٠٠ ٠٠٠ – ١٠٠٠ ٠٠٠	٢٠	٥
> ١٠٠٠ ٠٠٠	٢٥	٤

ب) إستقصاء الطرق

فى الإستقصاء الشفوى بالطرق يتم إيقاف مجموعة عشوائية من وحدات السير المارة (عينة) بمعرفة رجال الشرطة عند مراكز تجميع مختارة ثم يقوم المساحون بالإستفسار عن هدف الرحلة ومصدرها- الغرض من الرحلة- عدد الركاب- نوع وحدة السير، مع ملاحظة ضرورة تدوين ساعة إجراء الإستقصاء. وتختار مواقع مراكز التجميع على الطرق المؤدية إلى خلايا النقل لإمكان حصر المرور الداخل والخارج منها وبشرط ألا ينتج عن ذلك إختناقات مرورية. عند كل مركز تجميع يتواجد مساح أو أكثر وفقاً لحجم المرور (قدرة المساح = ٥٠ –٦٠ وحدة سير/ ساعة).

ج) إستقصاء أماكن الإنتظار

يتم الإستفسار شفوياً بأماكن انتظار السيارات فى لحظة البدء فى الإنتظار أو الإنتهاء منه ويتم الإستفسار عن نوع السيارة- الغرض من الإنتظار – زمن الإنتظار – عدد ركاب السيارة – تعريفه الإنتظار، مع تدوين ملاحظات عن مكان الإنتظار. تجمع البيانات فى صحائف خاصة أو على أشرطة كاسيت.

محافظة الاسكندرية

مشروع تخطيط النقل والمرور بمحافظة الإسكندرية

(بحث يجري بمعرفة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء)

استقصاء الأسرة

إسم رب الأسرة ________ رقم الأسرة [ ] كود القسم [ ]

عنوان الأسرة ________ هل الأسرة مسلة بكشف العينة؟ نعم [ ] لا [ ] كود الشياخة [ ]

بيانات أفراد الأسرة أكبر من ١٠ سنوات

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
مسلسل أفراد	الجنس ذكر=١ أنثى=٢	السن (بالسنة)	المستوي التعليمي	المهنة	نوع النشاط	القطاع

المركبات التي تملكها الأسرة وأماكن توقفها ليلاً

٨	٩	١٠
مسلسل مركبات	نوع المركبة	مكان إنتظار المركبة ليلا

عدد أفراد الأسرة [ ]

عدد أفراد الأسرة أكبر من ١٠ سنوات [ ]

عدد أفراد الأسرة الذين تم استيفاء استمارات لهم [ ]

عدد الأفراد الذين تم سؤالهم مباشرة [ ]

تاريخ الزيارة ________

ملاحظات: ________

إسم الباحث ________ كود [ ]

إسم المراجع ________ كود [ ]

إسم المراقب ________ كود [ ]

شكل ٩: نموذج لصحيفة إستقصاء (ورقة ١)

محافظة الأسكندرية

مشروع تخطيط النقل والمرور بمحافظة الإسكندرية

(بحث يجري بمعرفة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء)

نموذج تحركات الفرد داخل الأسرة (عشر سنوات فأكثر)

رقم الأسرة [ ] كود القسم [ ]

هل تم سؤال الفرد مباشرة؟ نعم [ ] لا [ ] رقم مسلسل الفرد في الأسرة [ ] كود الشياخة [ ]

تاريخ اليوم السابق للزيارة [ ] [ ] [ ] هل قمت بأي تحركات أمس؟ نعم [ ] لا [ ] في حالة الإجابة بنعم إملأ الإستمارة التالية:

١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦		١٧		١٨			١٩	٢٠	٢١
مسلسل الانتقال	مكان بداية الانتقال عنوان - مكان محدد معروف	كود شياخة البداية	نهاية الانتقال عنوان - مكان محدد معروف	كود شياخة النهاية	وقت بداية الانتقال		وقت نهاية الانتقال		وسيلة النقل المستخدمة			الغرض من الانتقال	مكان ترك السيارة	عدد ركاب السيارة
					ق	س	ق	س	الأولي	الثانية	الثالثة			
		--												

ملاحظات: ________

إسم الباحث ________ كود [ ]

إسم المراجع ________ كود [ ]

إسم المراقب ________ كود [ ]

تابع شكل ٩: نموذج لصحيفة استقصاء (ورقة ٢)

د) إستقصاء النقل العام

يقوم المساح بالإستفسار شفوياً من عينة عشوائية من الركاب عن: محطة بدء الرحلة – محطة إنتهاء الرحلة– هل سيقوم الراكب بتغيير هذه الوسيلة وإستخدام وسيلة نقل أخرى للوصول إلى هدفه؟ وفى حالة الإجابة بنعم يجب تحديد محطة تغيير الوسيلة، والوسيلة المكملة. ويجرى الإستفسار داخل وحدات النقل العام أو عند المحطات، وتجمع البيانات فى صحائف خاصة أو على أشرطة كاسيت، ويراعى أن أيضاً تسجيل بيانات عن هذا الخط مثل طوله – مساره – أماكن المحطات – تعريفة النقل – مستوى الخدمة وغيرها من البيانات التى قد يحتاجها المخطط.

هذا ويلاحظ أنه بعد إجراء الإستقصاء وتحليل النتائج يمكن بإستخدام الطرق الإحصائية إختبار عدد الرحلات بين خلايا النقل، إذا أنه من الضرورى ألا تقل عدد الرحلات بين خليتين عن نسبة معينة من حجم العينة، وذلك للوصول إلى درجة ثقة معينة (أنظر "العينة الإحصائية" بند ٣-١-٥).

ويتم هذا النوع من الإستقصاء إما شفوياً أو تحريرياً أو تليفونياً:

شفويا : جمع بيانات الإستقصاء بالوحدات السكنية عن طريق اللقاء الشخصى مع المساح.

تحريرا: يقوم المساح بتوزيع صحائف الإستقصاء على الوحدات السكنية المختارة، ثم يعود مرة أخرى فى ميعاد متفق عليه لتجميعها.

تليفونيا: تجميع بيانات الإستقصاء تليفونياً من عينة مختارة عن طريق (دليل التليفون)، ومن عيوب هذه الطريقة عدم تمثيل العينة للمجتمع تمثيلا دقيقاً (من الناحية الإجتماعية).

ثانيا: العد والقياس — Counting and Measuring

تستخدم طرق العد والقياس لجمع بيانات عن:

حركة المرور– النقل العام– إنتظار السيارات– المشاه. هذا ويجب ملاحظة إجراء عمليات العد والقياس فى أيام العمل العادية وفى الظروف الطبيعية، بمعنى الإبتعاد عن الأيام التى توجد بها مناسبات خاصة وكذلك أيام العطلات. وتستمر عمليات العد والقياس يوما كاملاً أو أكثر، أو بعض الساعات، وذلك وفقا للهدف من التخطيط.

أ– حركة المرور — Traffic Flow

لجمع بيانات عن حركة المرور تستخدم الطرق الآتية:

- العد عند القطاعات العرضية
- العد عند التقاطعات
- قياس السرعات

١- العد عند القطاعات العرضية Counting at Cross-Sections

الهدف من العد عند القطاعات العرضية هو تحديد عدد و نوع وحدات السير المارة خلال فترة زمنية محددة وتجرى عملية العد يدويا أو أوتوماتيكيا.

العد اليدوى: يقوم المساح بنفسه أو بإستخدام جهاز صغير يسمى العداد (ميكانيكى أو أتوماتيكى) بعملية العد، وتسجل النتائج كل فترة زمنية محدده (فى الغالب كل ١٥ دقيقة)

قدرة المساح الواحد:

٤٠٠- ٥٠٠ وحدة سير/الساعة فى حالة عد وحدات السير فى إتجاهى الطريق.

٨٠٠ وحدة سير/الساعة فى حالة عد وحدات السير المارة فى إتجاه واحد

٢٠٠٠ وحدة سير/ساعة فى حالة عد وحدات السير المارة فى إتجاه واحد ومستخدما جهاز العد

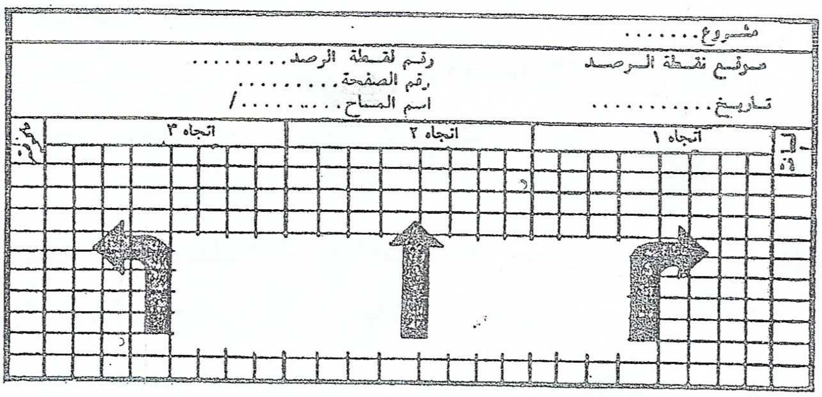
ويلاحظ أن المساح الواحد يجب ألا يعمل أكثر من ٤ ساعات متواصلة.

العد الأتوماتيكى: إذا كان المطلوب إجراء عملية العد لفترة زمنية طويلة (أكثر من أسبوع) فمن المفضل إستخدام طرق العد الأوتوماتيكى لتقليل التكاليف. ونظريات العد الأوتوماتيكى متنوعة وتهدف جميعها إلى نقل حركة وحدات السير على الطريق (بواسطة وسائل مختلفة مثل أنابيب مطاطية أو وسائد غازية أو هيدروليكية أو أسلاك ألكترونية أو أجهزة إشعاعات ضوئية أو أجهزة فيديو) إلى أجهزة العد والحاسب الألى المزود ببرامج متخصصة، وتخرج النتائج فى صورة أرقام على العدادات، أو أرقام مطبوعة.

٢- العد عند التقاطعات (شكل ١٠) Counting at Intersections

بعد إجراء عملية العد عند التقاطعات العرضية قد يقتضى الأمر عد وحدات السير المارة عند بعض التقاطعات لتحديد توزيع حجم المرور فى الإتجاهات المختلفة عند التقاطع.

وغالباً ما تستخدم هنا نفس طرق العد اليدوى سابقة الذكر، أو أسلوب التصوير الفوتوغرافى (إلتقاط صور متتابعة للتقاطع). عن طريق التصوير الفوتوغرافى يمكن تحديد خصائص أخرى عديدة للمرور على سبيل المثال السرعات، كثافة المرور، تركيبة المرور، تحركات المشاه.



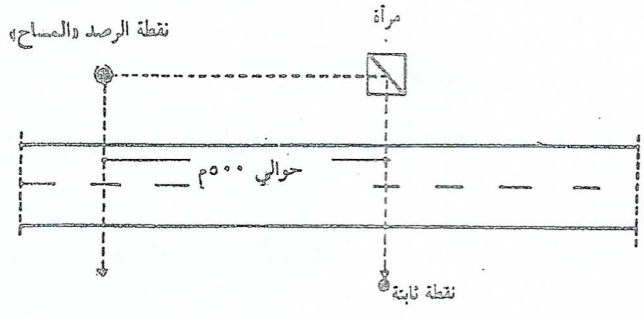
شكل ١٠: نموذج لصحيفة عد عند تقاطع على شكل حرف T

٣- قياس السرعات Measuring of Speeds

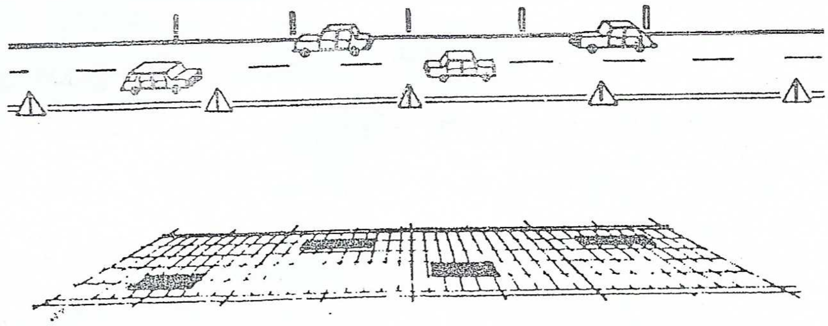
تحدد السرعة المتوسطة على طريق لتقييم نظام المرور عليه (مستوى الخدمة)، وكذلك أزمنة تتابع الألوان المختلفة بإشارات المرور الأتوماتيكية على هذا الطريق. وتقاس السرعات إما يدوياً أو أوتوماتيكياً أو باستخدام أساليب التصوير بالفيديو.

القياس اليدوى: أبسط طرق القياس، وفيها تحدد نقطتين المسافة بينهما لا تقل عن ٥٠٠ م. وباستخدام ساعة إيقاف يقاس زمن قطع سيارة معينة لهذه المسافة، ثم تحسب السرعة عند هذا الموقع (شكل ١١).

وغالباً ما تستخدم سيارة إختبار تقطع المسافة بين النقطتين حوالى خمس مرات، تحسب فى كل مرة السرعة، ثم السرعة المتوسطة.



شكل ١١- أ: طريقة قياس السرعات بإستخدام مرآة



شكل ١١- ب: طريقة التصوير بالفيديو لقياس السرعات

القياس الأوتوماتيكي: توجد ٣ نظريات لأجهزة القياس الأوتوماتيكي للسرعات:

أولاً: يقوم الجهاز بقياس زمن مرور مقدمة وحدة سير معينة (أو محورها الأمامي) بين وسيلتين متتابعتين من وسائل نقل الحركة والسابق ذكرها في طريقة العد الأوتوماتيكي (وسائد غازية- أسلاك الكترونية- أجهزة الأشعة الضوئية)، وبمعلومية المسافة بين وسيلتي نقل الحركة تحدد السرعة.

ثانياً: يقوم الجهاز بقياس زمن مرور بداية ونهاية وحدة سير معينة (أو محورها) على وسيلة نقل الحركة، وبمعلومية طول السيارة (أو المسافة بين محوريها) تحدد السرعة.

ثالثاً: ينبثق من الجهاز بصفة مستمرة- خلال فترة تشغيله- ذبذبات كهرومغناطيسية لها سرعة معلومة، فإذا ما إصطدمت بالسيارة إرتدت للجهاز بسرعة مخالفة لسرعة إنبثاقها، وبمعلومية الفرق بين السرعتين يحدد الجهاز أوتوماتيكيا سرعة السيارة (الرادار).

القياس بإستخدام أساليب التصوير بالفيديو: يتم قياس السرعة اللحظية بإستخدام أساليب التصوير بالفيديو على مرحلتين:

المرحلة الأولى: يخطط الطريق بخطوط عرضية ملونة - المسافة بينها محددة ويتم تصوير وحدات السير المارة من نقطة ثابته ومرتفعة عن سطح الأرض.

المرحلة الثانية: أثناء عرض الشريط يتم قياس زمن مرور وحدة السير بين خطين عرضيين متتاليين وبالتالي يمكن حساب السرعة.

ب) تشغيل النقل العام

الهدف الأساسى من جمع البيانات هنا هو تحديد التوزيع الزمني والجغرافى لحجم النقل على شبكة النقل العام خلال ساعات التشغيل اليومى، ومن الطرق المعروفة لجمع بيانات عن النقل العام:

- العد من خارج وسائل النقل
- العد من داخل وسائل النقل
- العد عند المحطات
- قياس السرعات

١- العد من خارج وسائل النقل

الهدف هنا هو حصر عدد وحدات النقل العام (كذلك تقدير عدد ركابها) التى تعبر قطاعاً عرضياً لطريق خلال فترة زمنية محددة. وتستخدم هنا طرق العد اليدوية حيث يقوم المساح بحصر عدد وحدات النقل العام المارة عند قطاعاً عرضياً وتقدير مشغولية كل وحدة (٢٥-٥٠-٧٥-١٠٠-١٢٥ % من الأماكن المتاحة بالوحدة). يتطلب هذا النوع من جمع البيانات دراية المساح بالأنواع المختلفه لوحدات النقل وعدد الأماكن المتاحة للجلوس والوقوف.

٢- العد من داخل وسائل النقل

الهدف هو تحديد التوزيع الزمني لأحجام النقل على كل خط من خطوط النقل العام (عدد وحدات السير ومشغوليتها)، ولإجراء الحصر هنا من الضروري تواجد مساح أو أكثر بكل وحدة سير لعد الركاب الصاعدين والهابطين بكل محطة، مع تسجيل الأزمنة .

٣- العد عند المحطات

الهدف هنا هو تحديد التوزيع الجغرافي والزمني للرحلات بين محطات النقل العام، وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لشبكات النقل العام المزودة محطاتها بممرات لدخول وخروج الركاب (مترو الأنفاق على سبيل المثال). وتجرى عملية الحصر عن طريق توزيع تذاكر معينة على الركاب عند محطة السفر مدون بها إسم المحطة ووقت السفر، ثم تجميعها منهم عند محطات الوصول بعد تدوين إسم محطة الوصول ووقت الوصول.

٤- قياس السرعات

تقاس سرعات وحدات وسائل النقل العام على الخطوط المختلفة خلال ساعات التشغيل اليومى بهدف التعرف على تأثير إنسياب المرور على سرعة وسائل النقل العام فى كل فترة زمنية، كذلك لتعديل جداول السير. ويمكن تحديد السرعات إما عن طريق مساح بكل وحدة نقل عام يقوم بقراءة عداد السرعة أمام السائق كل فترة زمنية محددة ومنها تحسب السرعة المتوسطة، أو يقوم المساح

بوحدة النقل العام بقياس زمن قطع الوحدة لكل مسافة بين محطتين، وبمعلومية المسافة بين المحطات يمكن حساب السرعات.

ج) إنتظار السيارات Car Parking

قبل البدء فى عملية جمع بيانات عن إنتظار السيارة تقسم المنطقة موضوع الدراسة إلى خلايا إنتظار. ويمكن تعريف خلية الإنتظار بأنها جزء من طريق مصرح الإنتظار فيه وطوله حوالى ٨٠٠ متر، أو مكان محدد لإنتظار السيارات أو ما شابه ذلك.

والطرق المعروفة لجمع بيانات عن إنتظار السيارات عن طريق العد يمكن إيجازها فيما يلى:

- العد بخلايا الإنتظار
- تدوين أرقام السيارات
- التصوير الفوتوغرافى
- العد عند كردون

١- العد بخلايا الإنتظار

يقوم مساح أو أكثر كل ١٥ أو ٣٠ دقيقة بعد وحدات السير المتواجدة بخلية إنتظار محددة، مع تدوين ملاحظات عن الخلية مثل قواعد الإنتظار بها وإلتزام سائقى السيارات بتلك القواعد.

٢- تدوين أرقام السيارات

يقوم مساح أو أكثر كل ١٥ أو ٣٠ دقيقة بتسجيل أرقام السيارات المتواجدة بخلية إنتظار محددة، مع تدوين ملاحظات عن الخلية. عن طريق مقارنة أرقام السيارات فى الفترات الزمنية المختلفة يمكن تحديد أزمنة الإنتظار وكذلك عدد مرات تردد وحدات السير على الخلية. وغالبا ما يستخدم الحاسب الألكترونى لتحليل النتائج.

تعاريف: الإنتظار المؤقت = إنتظار لمدة أقل من ساعتين
الإنتظار متوسط لأجل = من ٢ - ٤ ساعات
الإنتظار طويل الأجل = من ٤ - ٨ ساعات
الإنتظار الدائم = إنتظار لأكثر من ٨ ساعات

٣- التصوير الفوتوغرافى الملون

يتم إلتقاط صور متتابعة كل حوالى ٣٠ دقيقة لوحدات السير المتواجدة بالخلية، ثم تقارن الصور مع بعضها ويراعى أن يتم إلتقاط الصور من مكان مرتفع يسمح بظهور جميع السيارات.

٤- العد عند كردون

فى المناطق التى يقل فيها إحتياج المواطنين لإمكان إنتظار السيارات تحدد مراكز الرصد على الطرق المؤدية إليها على شكل كردون، وفى الغالب ما تشمل تلك المنطقة أكثر من خلية إنتظار. يتم عد وحدات السير الداخلة والخارجة من المنطقة وتسجل النتائج كل ١٥ دقيقة، مع ملاحظة ضرورة حصر وحدات السير المتواجدة داخل المنطقة قبل البدء مباشرة فى عملية العد عند الكردون. عن طريق حساب الفرق بين عدد وحدات السير الداخلة والخارجة من المنطقة يمكن حساب الوحدات المنتظرة فى الساعات المختلفة من اليوم.

د- تحركات المشاه **Pedestrian Movements**

على الرغم من صعوبة جمع بيانات عن تحركات المشاه بالمدن، إلا أن تلك البيانات تعتبر هامة جداً للمخطط، وخاصة عند المناطق التى يكون فيها المشاه عرضه لحوادث المرور كالتقاطعات ونقاط الإختناق كذلك عند مناطق تكدس المشاه، على سبيل المثال محطات النقل العام، الشوارع بوسط المدينة، الطرق المؤدية لإستاد رياضى وخلافه. من الطرق المعروفة لحصر تحركات المشاه:

- العد عند القطاعات العرضية
- التصوير الفوتوغرافى

١- العد عند القطاعات العرضية

يتم عد المشاه الذين يعبرون قطاعاً عرضياً بطريق ما كل فترة زمنية محددة. يستطيع المساح الواحد عد حوالى ٦٠٠ فرد من المشاه كل نصف ساعة إذا كانت تحركاتهم فى اتجاه واحد، وبإستخدام المساح لجهاز العد يرتفع هذا الرقم إلى حوالى ٣٥٠٠ ويلاحظ أن المساح يجب ألا يعمل أكثر من نصف ساعة متواصلة يحتاج بعدها إلى راحة من ١٠ - ٣٠ دقيقة.

٢- التصوير الفوتوغرافى

عن طريق التصوير الفوتوغرافى الملون لمنطقة ما، يمكن تحديد خصائص تحركات المشاه (أعداد المشاه- إتجاهاتهم- سرعتهم). يراعى هنا ضرورة إختيار المكان المناسب لتثبيت آلة التصوير بحيث تظهر تحركات المشاه فى تلك المنطقة بوضوح، كذلك ضرورة إختيار الزمن المناسب لتتابع التقاط الصور بحيث يكون هناك تداخل كاف يسمح بتتبع حركة المشاه.

٣-١-٥ العينة الإحصائية — Statistical Samples

لا يبنى فى الغالب تخطيط مشاريع النقل والمرور على الحجم الكلى للأنواع المختلفة من البيانات المطلوبة، بل يمكن الإكتفاء بعينة من كل نوع منها. ويتحدد حجم العينة وفقا للدقة المطلوبة. من الطبيعي كلما زادت حجم العينة، زادت درجة الثقة ولكن من جانب آخر ترتفع تكاليف تجميع وتحليل البيانات. لذا فمن الضرورى إختيار الحجم المناسب للعينة التى تعبر عن مجتمع معين من البيانات بدقة محددة.

مثال توضيحى

إذا فرضنا أن عدد الرحلات اليومية التى تستخدم فيها وسائل النقل العام بمدينة ما ٢٢٤٠٠ رحلة وإن المخطط إختار منها ٢٢٤٠ رحلة فقط لتحليلها.

فيكون حجم المجتمع N = ٢٢٤٠٠ رحلة

وحجم العينة n = ٢٢٤٠ رحلة

بمعنى أن حجم العينة التى إختارها المخطط = ١٠ % من حجم المجتمع.

وحتى تمثل العينة مجتمعا ما من البيانات تمثيلا صحيحا يجب أن يكون إختيار العينة عشوائيا، وهناك طرق عديدة للإختيار العشوائى للبيانات، يتضح أهمها من المثال التالى:

لإجراء إستقصاء بمنطقة محددة بها ١٥٠,٠٠٠ وحدة سكنية، ويراد تجميع بيانات من ١٥٠٠٠ وحدة سكنية كعينة (حجم العينة = ١٠ % من حجم المجتمع)، وللإختيار الشعوائى السليم للعينة تستخدم إحدى الطرق الآتية:

- من كل ١٠ وحدات سكنية تختار وحدة سكنية واحدة بطريقة عشوائية
- تختار دائما الوحدة السكنية العاشرة من كل ١٠ وحدات سكنية بالترتيب
- تختار ١٥٠٠٠ وحدة سكنية من المنطقة بدون إتباع أى نظام

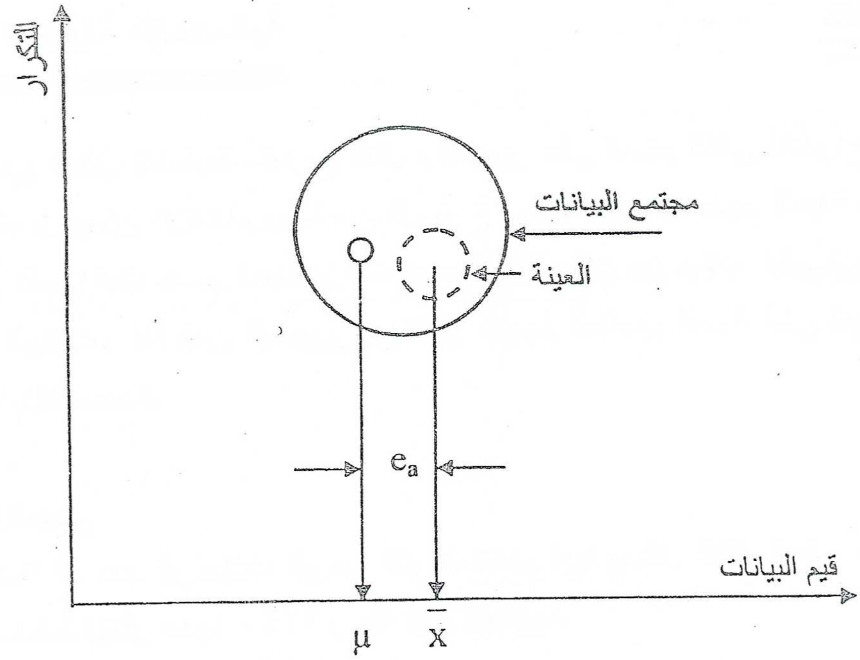
حجم العينة الإحصائية — Sample Size

قبل حساب حجم العينة المناسب لمجتمع بيانات ما، لابد أولا تحديد كل من:

(أ) الخطا المسموح به (المطلق e_a "Absolute Error" أو النسبى e_r "Relative Error") بين المتوسط الحسابى $\bar{x}$ لبيانات العينة والمتوسط الحسابى μ لبيانات المجتمع (شكل ١٢)

$$e_a = \mu - \bar{x}$$

$$e_r = (e_a \div \bar{x}) \times 100\,\%$$



شكل ١٢: العينة والمجتمع

غالبا ما يختار خطأ نسبى قدره ١٠% لحساب حجم العينات التى تمثل مجتمعات البيانات بمشاريع النقل.

ب- إحتمال حدوث الخطأ النسبى أو المطلق المطلوب γ أو درجة الثقة فى حدوث هذا الخطأ t

الجدول التالى يوضح لحجم عينة أكبر من ١٠٠ العلاقة بين γ "Confidence Level" & "Confidence Coefficient" t.

γ (%)	60.0	68.3	90.9	95.5	99.7	99.9
t	0.68	1.00	1.65	2.00	3.00	3.29

يتوقف قيمة الإحتمال γ على الدقة المطلوبة للتخطيط، وهى تتوقف على الظروف الخاصة بالمنطقة موضوع الدراسة (على سبيل المثال، مدى الثقة فى البيانات المجمعة من سكان تلك المنطقة)، وغالبا ما يكون إحتمال قدره ٩٥,٥% ($t = 2.0$) كافيا عند حساب حجم العينات للتخطيط الشامل لمشاريع النقل.

ملحوظة : كلما صغرت قيمة الخطأ المسموح به e_r وإرتفعت درجة الثقة t، تزداد تبعا لذلك حجم العينة

لتحديد حجم العينة تجمع بيانات من عينة مبدئية ويحسب المتوسط الحسابى $\bar{x}$ لقيم تلك البيانات والإنحراف المعياري لها σ (الإنحراف المعياري "Standard Deviation" هو مقياس تشتت قيم هذه البيانات عن متوسطها الحسابى).

مثال توضيحى

الجدول التالى يوضح طريقة حساب المتوسط الحسابى $\bar{v}$ والإنحراف المعيارى σ لخمس سرعات تم قياسها من طريق ما:

V (Km/h)	$\bar{V} - V$	$(\bar{V} - V)^2$
18.3	+ 0.7	0.49
19.0	0.0	0.00
19.0	0.0	0.00
19.2	- 0.2	0.04
19.5	- 0.5	0.25
Σ V = 95.0	0.0	0.78

$\bar{v} = \Sigma V \div n = 95 \div 5 = 19$ km/h

$\sigma = (1 \div (n-1) \times \Sigma (\bar{V} - V)^2)^{1/2} = \pm 0.44$ km/h $\qquad \sqrt{\frac{(\bar{V} - V)^2}{(n-1)}}$

ثم تحسب حجم العينة الإحصائية من العلاقة:

$$n \geq \frac{N \cdot t^2 \cdot \sigma^2}{t^2 \cdot \sigma^2 + (N-1) \cdot e_a^2}$$

مثال

N

طريق سريع سعته ٥٠٠٠ سيارة فى فترة الذروة الصباحية فى قياس مبدئى للسرعات وجد أن السرعة ٩١ كم/ الساعة والإنحراف المعيارى لها ± ٢٨ كم/ الساعة - أحسب حجم العينة الإحصائية من وحدات السير المارة والتى يجب أن تقاس سرعتها حتى يكون إحتمال خطأ مطلق قدره ٥ كم/ الساعة هو ٩٥,٥ %

t = 2 ea

الحل

$\gamma = 95.5$ %, $t = 2.00$, $e_a = 5$ Km/h, N= 5000, $\sigma = 28$ Km/h

$\bar{X} = 91$ Km/hr

$$n \geq \frac{5000 \times 4 \times (28)^2}{4 \times (28)^2 + 4999 \times (5)^2} = 122.4$$

∴ حجم العينة المطلوب١٢٣

$$e_r = \frac{e_a}{\bar{X}} \times 100 = \frac{5}{91} \times 100 = 5.5 \%$$

٣-٢ التنبؤ بالمستقبل Forecasting of Future Travel Demand

المقصود من التنبؤ هو تقدير أحجام الحركة وخصائصها فى المستقبل، وذلك وفقاً للمتغيرات المنتظرة والتى يمكن أن تطرأ بالمنطقة موضوع الدراسة مستقبلاً. والنتائج التى نحصل عليها من مرحلة التنبؤ، تكون عادة فى صورة (إذا... إذن)، بمعنى إذا ما حدث تغير ما فى التكوين الحضرى بالمنطقة موضوع الدراسة (إستخدامات الأراضى- الأوضاع الإقتصادية والإجتماعية - ....)، إذن فإن خصائص النظام الحالى ستتغير.

ومن هذا يتضح أن التنبؤ بالتطور المنتظر لنظام النقل يتم على مرحلتين:

- تقدير النمو المنتظر للعناصر المكونة لنظام النقل
- تحديد خصائص رحلات المستقبل

ويلاحظ هنا إنه قبل البدء فى عملية التنبؤ يجب مراجعة خطة التنمية القومية للتعرف على السياسات الجديدة للدولة فى جميع المجالات، كذلك مراجعه خطة التنمية المحلية للتعرف على التغيرات المختلفة المنتظرة بالمنطقة موضوع الدراسة.

٣-٢-١ تقدير النمو المنتظر للعناصر المكونة لنظام النقل Predicting the Parameters affecting the Travel Generation

لتقدير النمو المنتظر للعناصر المختلفة التى تؤثر تأثيراً مباشراً أو غير مباشر على نظام النقل بالمنطقة موضوع الدراسة (مثل: أعداد السكان - ملكية السيارات - العمالة - الهجرة للمدينة - أعداد حوادث المرور - ...)، يمكن إستخدام طرق عديدة، من أهمها:

- (١) طريقة الزيادة الخطية المنتظمة
- (٢) طريقة معامل النمو الهندسى
- (٣) طريقة التطور المنطقي

يتوقف إختيار الطريقة المناسبة على الهدف من التخطيط، ومـدى الثقـة فـي البيانـات المتاحـة، والظروف الخاصة بالمدينة.

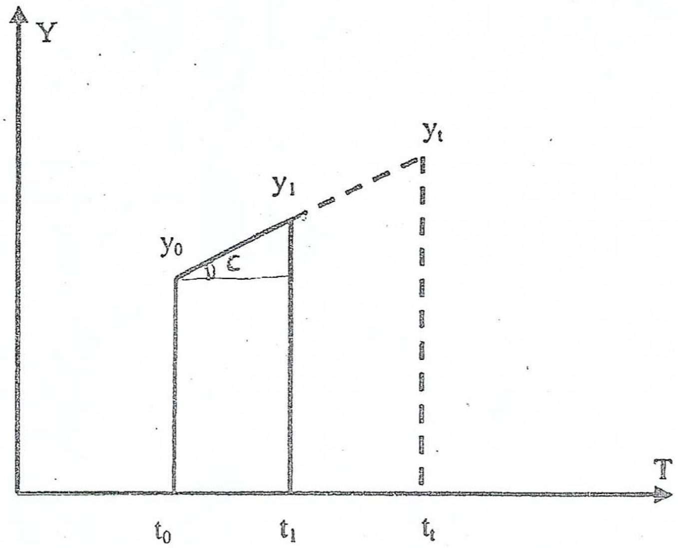
أ) طريقة الزيادة الخطية المنتظمة (شكل ١٣) Linear Growth Trend

وفيها يفترض أن نمو قيمة العنصر Y مع الزمن T سيكون منتظما ويأخذ صورة الخط المسـتقيم. ويمكن الحصول على قيمة y_t فى العام t من العلاقة

$$y_t = y_0 + \{c \times (t - t_0)\}$$

حيث: c = مقدار النمو المنتظم السنوى

$$c = (y_1 - y_0) \div (t_1 - t_0)$$



شكل ١٣: الزيادة الخطية المنتظمة

ب) طريقة معامل النمو الهندسي (شكل ١٤) Geometric Trend

وفيها تكون الزيادة غير مستقيمة، وتستخدم العلاقة:

$$y_t = y_0 \cdot (1 + p)^{n0},\ n^0 = t - t_0 \quad \text{-----} (1)$$

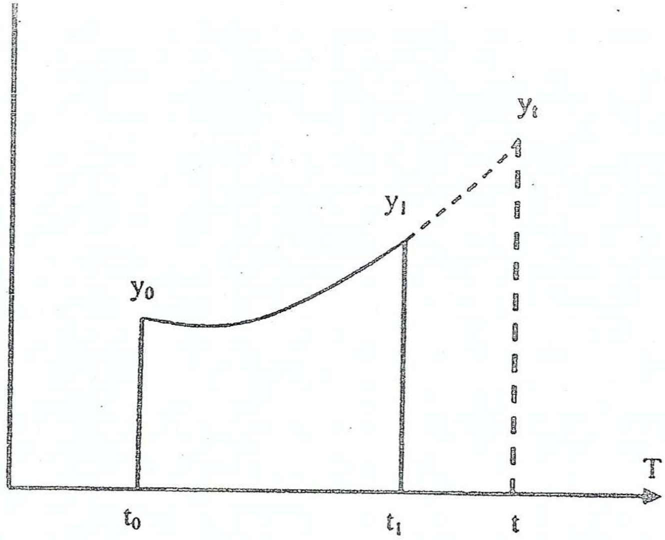
حيث: P = معامل الزيادة

$$p = 100\ \{ (y_1 \div y_0)^{1/n} - 1 \},\ n = t_1 - t_0 \quad \text{----} (2)$$

بالتعويض من (2) في (1)

$$y_t = y_0 \left[\frac{y_1}{y_0}\right]^{\frac{n^0}{n}}$$

$$= y_0 \left[\frac{y_1}{y_0}\right]^{\left(\frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)}$$



شكل ١٤: معامل النمو الهندسي

ج) طريقة التطور المنطقي (شكل ١٥) Logic Trend (Saturation restricted)

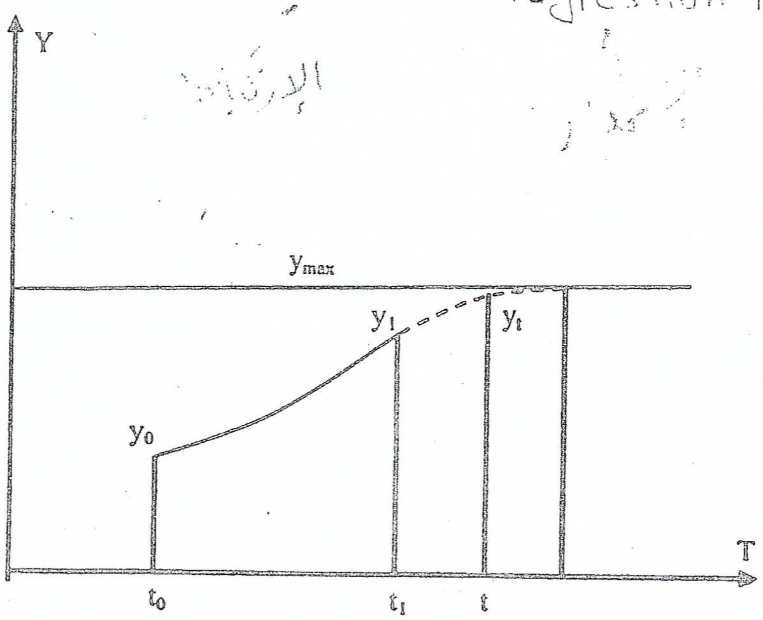
غالبا ما تستخدم هذه الطريقة للتنبؤ بتطور أعداد السيارات بالمدن، فليس من المنطقي بمدينة ما أن تزداد أعداد السيارات بها عن حد معين وإلا تأثرت إنسيابية المرور تأثيرا سلبيا. وتستخدم هنا العلاقة:

$$y_t = \frac{y_{max}}{1 + e^{a-b.t}}$$

حيث :

a, b = ثوابت يمكن الحصول عليها من التحليل الإحصائى (الإرتباط والإنحدار)

Correlation and Regression Analysis



شكل١٥: التطور المنطقى

مثال

أعداد السكان بمدينة ما كانت كما يلي :

عام	عدد السكان
t_0 = ٢٠٠٠	y_0 = ٢٤٥٠٠
t_1 = ٢٠٠٥	y_1 = ٣٥٥٢٠

المطلوب: التنبؤ بعدد السكان عام ٢٠١٠ مستخدماً طريقتي معامل الزيادة الخطية المنتظمة ومعامل النمو الهندسي

الحل

أ – طريقة الزيادة الخطية المنتظمة

$$t_1 - t_0 = 2005 - 2000 = 5$$

$$c = (35520 - 24500) \div 5 = 2204$$

$$n = 2010 - 2000 = 10$$

$$y_{2010} = 24500 + 2204 \times 10 = 46540$$

ب – طريقة معامل النمو الهندسي

$$p = 100 \{ (35520 \div 25400)^{1/5} - 1 \} = 7.7\ \%$$

$$Y_{2010} = 24500\,(1 + 0.077)^{10} = 51443 = 24500 \left[\frac{35520}{24500}\right]^{\frac{10}{5}} = 51496$$

٣-٢-٢ تقدير خصائص رحلات المستقبل

Predicting the Future Travel Behaviour

بناء على تحديد القيم المنتظرة للعناصر المكونة لنظام النقل فى المستقبل يمكن التنبؤ بخصائص الرحلات المتوقعة فى المستقبل. ولتحقيق هذا الهدف تستخدم فى الغالب نماذج النقل.

عرف نموذج النقل ؟

ونموذج النقل هو تمثيل نظرى عن طريق المعادلات الرياضية لظاهرة واقعية ما، (على سبيل المثال، تولد الرحلات من خلايا النقل) بدلالة المتغيرات المتوقع أن يكون لها أثر فى تغيير قيمتها، أو بتعبير أخر بدلالة المتغيرات التى يعتقد إنها تتسبب فى نشأة هذه الظاهرة.

مثال

$$Y = 1.0 + 2.2\,X_1 - 0.03\,X_2$$

النموذج الرياضى السابق يصف العلاقة بين المتغير الأساسى (Y) والمتغيرات الغير أساسية X_1, X_2 .
كلما زادت قيمة X_1 ونقصت قيمة X_2 كلما زادت قيمة المتغير الأساسى Y، أو بتعبير أخر إذا ما تغيرت قيم X_1, X_2 فى المستقبل أمكن التنبؤ بقيمة Y .

ومن أهم الشروط الواجب توافرها فى نماذج النقل:

- المتغيرات الغير أساسية يجب أن تكون مرتبطة إرتباطا منطقيا بالمتغير الأساسى.
- إمكانية التنبؤ بقيم المتغيرات الغير أساسية.
- إرتباط دقة النموذج بالدقة المطلوبة من التخطيط والثقة فى البيانات المتاحة.

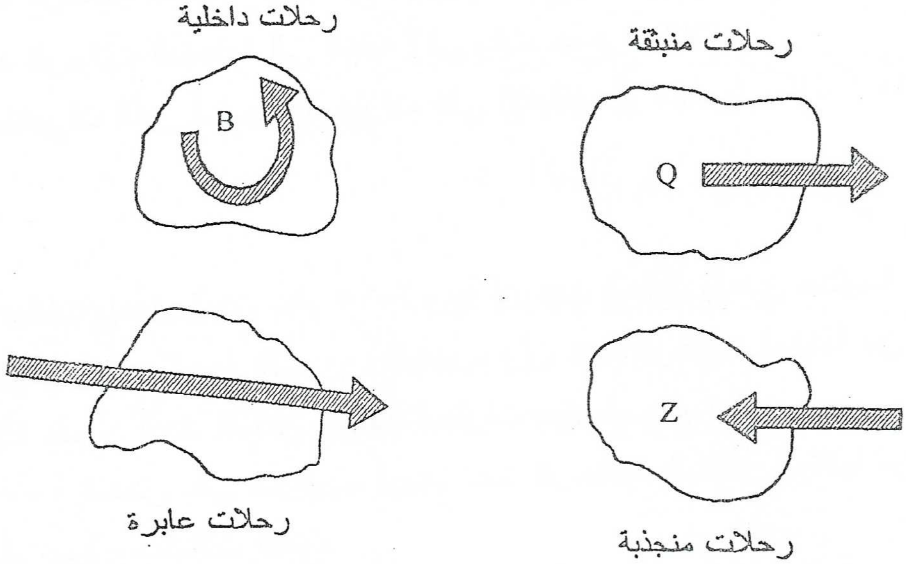
نماذج النقل Transportation Models

المشكلة	النماذج	صور النماذج
١ - كم عدد الرحلات التى تتولد بكل خلية ؟ كم عدد الرحلات التى تتجذب لكل خلية ؟	نماذج الإنبثاق نماذج الجذب	- معاملات النمو - الارتباط
٢ - كيف توزع الرحلات بين الخلايا؟	نماذج التوزيع	- معامل النمو - الجاذبية
٣ - ما هى وسائل النقل المستخدمة؟	نماذج الإختيار	- معامل النمو - الارتباط - كير شهوف
٤ - ما هى المسارات التى تشغلها وسائل النقل؟	نماذج التخصيص	- الطريق الأقصر - السعة المتغيرة - كيرشهوف

١- نماذج الإنبثاق والجذب Generation & Attraction Models

بإستعمال هذا النوع من النماذج يتم تحديد عدد الرحلات Q المتولدة (المنبثقة) من كل خلية نقل بالمنطقة موضوع الدراسة، وكذلك عدد الرحلات Z المنجذبة لكل خلية، وذلك لجميع أغراض

الرحلات، كل على حدا، وفى الفترات الزمنية المختلفة لليوم الواحد. كذلك يمكن إستخدام هذه النماذج لتحديد عدد الرحلات الداخلية بكل خلية B (شكل ١٦).



شكل ١٦: خلايا النقل وأنواع الرحلات

ولتكوين هذه النماذج يحتاج المخطط إلى تحديد المتغيرات الغير أساسية والمؤثرة على إنبثاق وإنجذاب الرحلات لكل خلية نقل بالمنطقة . ومن أهم هذه المتغيرات:

عدد السكان – ملكية السيارات – أعداد العاملين – عدد أماكن العمل – عدد الأماكن المخصصة للتعليم والتدريب – مقياس المستوى الاجتماعى (على سبيل المثال: مواطن/غرفة – نسبة الأمية).

ولا يشترط تواجد جميع هذه المتغيرات الغير أساسية بالنموذج المستخدم، فقد يكتفى المخطط ببعضها أو يختار غيرها ليصل للدقة التى يحتاجها.

وتأخذ نماذج الانبثاق والجذب إحدى الصور الآتية:

أ- نموذج معاملات النمو — Growth-Factor Models

$$Q_i = Q^o_i \cdot \frac{X_{1i}}{X^0_{1_i}} \cdot \frac{X_{2i}}{X^0_{2_i}} \cdot \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots} \cdot \frac{X_{ni}}{X^0_{n_i}}$$

$$Z_j = Z^0_1 \cdot \frac{X_{1j}}{X^0_{1_j}} \cdot \frac{X_{2j}}{X^0_{2_j}} \cdot \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots} \cdot \frac{X_{nj}}{X^0_{n_j}}$$

حيث

Q_i = عدد الرحلات المنبثقة من الخلية i فى التاريخ الذى يراد التخطيط له (فى المستقبل)

Q^o_i = عدد الرحلات المنبثقة من الخلية i فى وقت جمع البيانات

Z_j = عدد الرحلات المنجذبة إلى الخلية j فى التاريخ الذى يراد التخطيط له (فى المستقبل)

Z^o_j = عدد الرحلات المنجذبة إلى الخلية j فى وقت جمع البيانات

$X_{1 \to n}$ = المتغيرات الغير أساسية (المؤثرات على الإنبثاق أو الجذب) سكان، ملكية سيارات، عمالة، تعليم

مثال

من نتائج جمع بيانات بإحدى المدن عام ٢٠٠٥ وجد أن عدد السكان بإحدى خلايا النقل ١٤٠٠٠ شخص وملكية السيارات ٣٠ سيارة/ ١٠٠٠ شخص، وأن عدد الرحلات المنبثقة من الخلية ٢٠٠٠٠ رحلة يوميا، فإذا علم أن أعداد السكان وملكية السيارات ستصل عام ٢٠١٥ إلى ١٨٠٠٠ ساكن، و٤٢ سيارة/١٠٠٠ شخص على الترتيب، أحسب عدد الرحلات المنتظر إنبثاقها من الخلية عام ٢٠١٥ باستخدام نموذج معاملات النمو.

الحل

$$Q_{2015} = Q_{2005} \cdot \frac{E_{2015}}{E_{2005}} \cdot \frac{M_{2015}}{M_{2005}}$$

(مستقبل ← / حالى ←)

حيث E = عدد السكان، M = ملكية السيارات

$$Q_{2015} = 20000 \times (18000 \div 14000) \times (42 \div 30) = 36000 \text{ trips}$$

∴ عدد الرحلات المنبثقة من الخلية عام ٢٠١٥ = ٣٦٠٠٠ رحلة يوميا

ب- نموذج الإرتباط

Aggregation Model

$$Q_i \text{ (or } Z_j) = a_0 + a_1 \cdot x_1 + \dots\dots\dots + a_n \cdot x_n$$

حيث

Q_i = عدد الرحلات المتولدة من الخلية i

Z_j = عدد الرحلات المنجذبه للخلية i

x_{1-n} = العوامل المؤثرة على تولد أو إنجذاب الرحلات (متغيرات غير أساسية)

a_{1-n} = ثوابت يمكن الحصول على قيمتها عن طريق التحليل الإحصائى (الإرتباط المركب)

"Correlation and Regression Analysis"

(الإرتباط ↑ ، الإنحدار ↑)

٢- نماذج التوزيع

تستخدم نماذج التوزيع لتحديد أعداد الرحلات بين كل خليتين F_{ij} وذلك بمعلومية إجمالى الرحلات المنبثقة والمنجذبة من وإلى كل خلية Q_i & Z_i حيث:

$$\Sigma Q_i = \sum_{j=1}^{j=n} F_{ij} \qquad Q_i = \sum_{j=1}^{j=n} F_{ij}$$

$$\Sigma Z_j = \sum_{i=1}^{i=n} F_{ij} \qquad Z_j = \sum_{i=1}^{i=n} F_{ij}$$

Origin-Destination Matrix

أو بتعبير آخر ملء مصفوفة "المصدر – الهدف" (O/D) Matrix

الهدف

من \ إلى	1	2	.	j	. . . .	n	ΣQ_i
1	F_{11}	F_{12}	...	F_{1j}	. . . .		$Q_1 = F_{11} + F_{12} + F_{13} + \cdots F_{1n}$
2	F_{21}	F_{22}	...	F_{2j}	. . . .		$Q_2 = F_{21} + F_{22} + F_{23} + \cdots F_{2n}$
3	F_{31}	F_{32}	F_{33}	.			
i	F_{i1}	F_{i2}	.	F_{ij}	. . . .		$Q_i = \Sigma F_i = F_{i1} + F_{i2} + F_{i3} + \cdots F_{in}$
.				.			
.				.			
n				.			
Σz_j	Z_1	Z_2		ΣF_j			$\Sigma F_{ij} = \sum_i Q_i = \sum_j Z_j$

(المصدر)

مصفوفة الرحلات "المصدر – الهدف" (O/D) Matrix

Origin-Destination Matrix

ولصحة المصفوفة يجب توافر الشروط الآتية:

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j = \sum F_{ij}$$

وتبنى الفكرة الأساسية لنماذج التوزيع على أساس أن أعداد الرحلات بين الخلية i كمصدر والخلية j كهدف تزداد فى الحالات الآتية:

- كلما زادت عدد الرحلات المنبثقة من الخلية i
- كلما زادت عدد الرحلات المنجذبة للخلية j
- كلما صغرت قيمة المقاومة W_{ij} للرحلة من i إلى j (طول الرحلة – تكاليفها – زمنها)

ويمكن إيجاز الطرق المستخدمة لتوزيع الرحلات بين الخلايا كما يلى:

أ – طرق معاملات النمو (معامل النمو المنتظم – معامل النمو المتوسط – فراتر)

ب – نماذج الجاذبية

(أ) طرق معاملات النمو

Constant Growth Factor
- طريقة معامل النمو المنتظم

فى هذه الطريقة يفترض أن جميع الرحلات بين خلايا النقل تنمو دائماً بمعدل ثابت. ولتوزيع الرحلات تستخدم العلاقة:

$$F_{ij} = F_{ij}^{0} \, . \, f$$

حيث

F_{ij}^{0} = عدد الرحلات بين الخلية i كمصدر والخلية j كهدف وقت جمع البيانات

f = معامل النمو المنتظم

معامل النمو المنتظم $f = \sum F_{ij} \div \Sigma F_{ij}^{0}$

Average Growth Factor
- طريقة النمو المتوسط

لحساب عدد الخلية F_{ij} بين المصدر i والهدف j يحدد معامل نمو الإنبثاق f_i من الخلية i ومعامل الجذب f_j للخلية j .

$$f_i = Q_i \div Q_i^{0} \quad \& \quad f_j = Z_j \div Z_j^{o}$$

ثم تستخدم العلاقة

$$F_{ij} = F_{ij}^{0} \times (f_i + f_j) \div 2$$

Fratar Method
- طريقة فراتر

لإيجاد توزيع الرحلات بين الخلايا F_{ij} بإستخدام هذه الطريقة، يحسب أولاً معامل الانبثاق f_i ومعامل الجذب f_j (كما فى طريقة معامل النمو المتوسط)، ثم تطبق العلاقة الآتية:

$$F_{ij} = F_{ij}^{0} \, . \, f_i \, . \, f_j \div x_i$$

حيث

$$x_i = \sum_j F_{ij}^{0} \, . \, f_j \div \left(\sum_j F_{ij}^{0}\right) \quad \& \quad f_j = Z_j \div Z_j^{0}$$

$$X_i = \left[\left(F_{i1}^{o} \times Z_1 \div Z_1^{o}\right) + \left(F_{i2}^{o} \times Z_2 \div Z_2^{o}\right) + \left(F_{i3}^{o} \times Z_3 \div Z_3^{o}\right) + \cdots\right] \div Q_i^{o}$$

مثال

مستوطنة سكانية مقسمة إلى ٤ خلايا، معلوم:

١- مصفوفة الرحلات عام ٢٠٠٥ (× ١٠٠٠ رحلة)

$i \backslash j$	1	2	3	4	Q_i^o
1	2	2	1	1	6
2	4	1	5	2	12
3	10	2	2	6	20
4	24	1	2	5	32
z_j^o	40	6	10	14	70

٢ - الرحلات المنبثقة والمنجذبة المنتظرة عام ٢٠١٥ (× ١٠٠٠ رحلة)

$i \backslash j$	1	2	3	4	Q_i
1					10
2					20
3					30
4					40
z_j	50	10	15	25	100

المطلوب: عدد الرحلات بين الخلية ٢ كمصدر والخلية ٣ كهدف عام ٢٠١٥

الحل

- طريقة معامل النمو المنتظم

$F_{ij} = F_{ij}^0 \cdot f$

$f = 100 \div 70 = 1.429$

$F_{23} = 5000 \times 1.429 = 7140$ Trips

- طريقة معامل النمو المتوسط

$f_2 = 20 \div 12 = 1.7$

$f_3 = 15 \div 10 = 1.5$

$F_{23} = 5000 \times (1.7 + 1.5) \div 2 = 8000$ Trips

- طريقة فراتر

$f_2 = 1.7 \quad \& \quad f_3 = 1.5$

$x_2 = \{(4 \times 50 \div 40) + (1 \times 10 \div 6) + (5 \times 15 \div 10) + (2 \times 25 \div 14)\} \div 12$

$= 1.48$

$F_{23} = 5000 \times 1.7 \times 1.5 \div 1.48 = 8614$ Trips

ب) نموذج الجاذبية

إستناداً إلى قانون الجاذبية لنيوتن تم إستنتاج هذا النوع من نماذج التوزيع، وهو فى شكله العام يأخذ الصور الآتية:

$$F_{ij} = k_{ij} \; . \; Q_i \; . \; Z_j \; . \; w_{ij}^{-\gamma}$$

من المستقبل

حيث

W_{ij} : مقاومة الرحلة من المصدر i إلى الهدف j (زمن الرحلة مثلاً)

γ : معامل حساسية المقاومة (تؤخذ γ = ١ عادة)

k_{ij} : معامل إتزان النموذج ويمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$K_{ij} = 0.5 \left(\frac{1}{\sum\limits_{i=1-n} Q_i \, . \, w_{ij}^{-\gamma}} + \frac{1}{\sum\limits_{j=1-n} Z_j \, . \, w_{ij}^{-\gamma}} \right)$$

مثال

فى المستوطنة السكنية بالمثال السابق، معلوم:

١- الرحلات المنبثقة والمنجذبة المنتظرة لعام ٢٠١٥ (كما فى المثال السابق)

٢- مصفوفة المقاومات

i \ j	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	3	2	1	2
3	3	4	3	2
4	1	2	3	4

المطلوب

إحسب عدد الرحلات بين الخلية ٢ والخلية ٣ كهدف (F_{23}) عام ٢٠١٥

الحل

بفرض γ = ١

$F_{23} \quad Q_2 * Z_3 * W_{23}^{-\gamma} * K_{23}$

$$F_{23} = 20 \times 15 \times 1^{-1} \times \Big[0.5 \times \frac{1}{(10\times0.33)+(20\times1.0)+(30\times0.33)+(40\times0.33)} +$$

$$\frac{1}{(50\times0.33)+(10\times0.5)+(15\times1)+(25\times0.5)} \times 1000 = 6350 \text{ Trips}$$

٣- نماذج الإختيار Modal Split

يستخدم هذا النوع من النماذج لتوزيع الرحلات F_{ij} – السابق تحديدها على وسائل النقل المختلفة، وذلك لأغراض الرحلات المتنوعة، كل على حده وتقسم وسائل النقل إلى:

وسائل نقل عام: أتوبيس – ترولى – ترام – مترو أنفاق – مترو حضرى – سكك حديد ضواحى – تاكسى جماعى

وسائل نقل خاصة: سيارة خاصة – تاكسى – دراجة بخارية – دراجة

وتظهر نتائج نماذج الإختيار فى صورة مصفوفات عديدة كل منها يمثل مصفوفة للرحلات بوسيلة نقل معينة F_{ijm}. مجموع هذه المصفوفات بالإضافة إلى مصفوفة رحلات المشاة يكون مساويا لمصفوفة التوزيع F_{ij}.

ولإمكان توزيع الرحلات على وسائل النقل تحدد أولاً مقاييس التوزيع، بتعبير أخر المؤثرات التى تدفع مواطن معين لإختيار وسيلة نقل معينة لغرض معين ومن هذه المؤثرات:

- الدخل، الوضع الاجتماعى، ملكية السيارات، توافر أماكن إنتظار السيارات
- تكاليف الرحلة ، زمن الرحلة، مستوى الخدمة،..

وتستخدم لتحديد توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة الطرق الأتية:

- طريقة معامل النمو المنتظم
- نماذج الإرتباط
- نموذج كيرشهوف

طريقة معامل النمو المنتظم Constant Growth Factor

طريقة تقريبية، يفترض فيها أن نسب توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة ثابتة، وستستمر كذلك فى المستقبل. هذه الطريقة لا تصلح للتنبؤ بتوزيع الرحلات إذا كان من المنتظر إستخدام وسائل نقل جديدة.

مثال

عدد الرحلات بين خليتين عام ٢٠٠٥ هو ١٠,٠٠٠ رحلة، منها ٦٠٠٠ رحلة نقل عام، والباقى تستخدم فيها وسائل النقل الخاص. فإذا علم أن عدد الرحلات المنتظر عام ٢٠١٥ بين هاتين الخليتين هو ١٥,٠٠٠ رحلة، أوجد التوزيع المنتظر بين النقل العام والنقل الخاص.

الحل

نسبة رحلات النقل العام = $\frac{٦٠٠٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠}$ = ٦٠%

عدد رحلات النقل العام عام ٢٠١٥ = ١٥٠٠٠ × ٠,٦ = ٩٠٠٠ رحلة

عدد رحلات النقل الخاص عام ٢٠١٥ = ١٥٠٠٠ - ٩٠٠٠ = ٦٠٠٠ رحلة

نموذج الإرتباط تحليل إحصائى — Aggregation Model

$$F_{ijm} = a_o + a_1 x_1 + \dots\dots + a_n x_n$$

حيث

F_{ijm} = عدد الرحلات من المصدر i للهدف j بوسيلة المواصلات m

$X_{1 \to n}$ = العوامل المؤثرة على إختيار الوسيلة m للرحلات من المصدر i إلى الهدف j

$a_{o \to n}$ = ثوابت نحصل على قيمتها عن طريق التحليل الإحصائى

نموذج كيرشهوف — Kirschhof Model

عن طريق هذا النموذج، يتم توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة تبعا لمقاومة قطع الرحلة W_{ij} (السرعة - زمن الرحلة - تكاليفها) والصورة العامة النموذج:

$$F_{ijm} = F_{ij} \cdot w_{ijm}^{-\gamma} \div \Sigma\, w_{ijm}^{-\gamma}$$

مثال

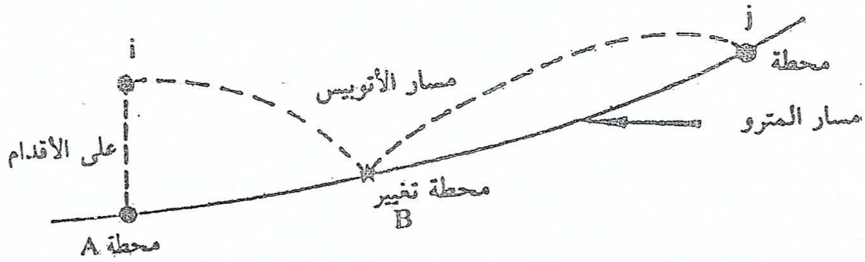
إذا علم أن إمكانيات الوصول من الخلية i هى:

١ - الخلية i ← أتوبيس ← الخلية j

٢ - الخلية i ← أتوبيس ← المحطة B ← مترو ← الخلية j

٣ - الخلية i ← على الأقدام ← المحطة A ← مترو ← الخلية j

وأن الزمن الذى يستغرق فى كل منها هو ١٠٩٠ - ١١٩٧ - ١٢٩٥ دقيقة حسب الترتيب. أحسب نسب توزيع الرحلات بين الخليتين (أفرض γ = ١).



الحل

الوسيله
المقاومه

m	1	2	3	Σ
w_{ijm}	1090	1197	1295	
$w_{ijm}^{-1} \times 1000$	0.917	0.835	0.772	2.524
F_{ijm}	36.3	33.1	30.6	100

٤- نماذج التخصيص Assignment Models

بإستخدام نماذج التخصيص يتم ترتيب عدد الرحلات -السابق تحديده- على شبكة الطرق المتاحة بالمنطقة موضوع الدراسة. ولتخصيص الرحلات على الطرق يتم أولاً حساب مقاومة كل طريق (زمن قطع الطريق على سبيل المثال)، ثم تستخدم إحدى الطرق الآتية:

- تخصيص الطرق الأقصر
- التخصيص على شبكة الطرق بإستخدام طريقة السعة المقيدة.
- التخصيص على شبكة الطرق بإستخدام طريقة كيرشهوف.

أ - تخصيص الطريق الأقصر All-or-nothing Assignment

تبنى هذه الطريقة على إفتراض أن المواطنين يسلكون لأهدافهم دائماً الطريق الأقصر (الطريق ذو المقاومات الأقل)، وعن طريق إختبار شبكة الطرق المتاحة يمكن بدون صعوبات كبيرة إختيار الطريق الأقصر بين كل خليتين i & j، والذى يتم تخصيصه لجميع الرحلات F_{ijm}.

مثال

يبين الكروكى التالى شبكة الطرق بمنطقة سكنية، مكونة من ٤ خلايا نقل كذلك زمن قطع كل طريق منها (بالدقيقة). فإذا علم أن مصفوفة الرحلات (وحدة سير/ ساعة) كانت كما يلى:

	1	2	3	4
1	0	500	750	350
2	275	0	1050	475
3	650	1870	0	950
4	1250	350	2050	0

- يحدد وفقاً للمقاومة الجديدة -مرة أخرى- أقصر طريق بين الخليتين ويخصص الجزء الثانى من الرحلات F_{ijmk2} وتحسب المقاومة الجديدة للطريق.

- يكرر العمل حتى يتم تخصيص مسارات لجميع الرحلات F_{ijm}

تعاريف

سعة الطريق Capacity : أقصى عدد من وحدات السير التى يمكن أن تعبر قطاعاً عرضياً بالطريق خلال فترة زمنية محددة للحصول عند سرعة إنسياب معينة (وحدة سير/الساعة).

مشغولية الطريق: Volume عدد وحدات السير التى تعبر قطاعاً عرضياً بالطريق خلال فترة زمنية محددة (وحدة سير/الساعة).

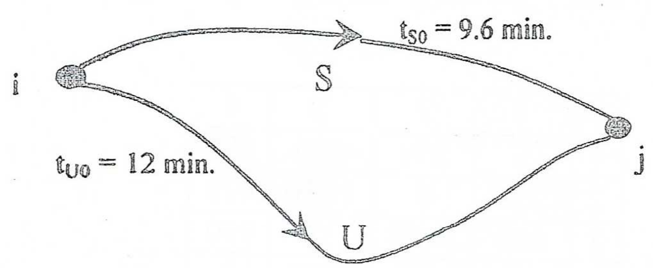
مثال

طريقان إتجاه واحد S & U يربطان خليتى نقل i - j، المعلوم:

	أقل زمن رحلة	السعة	معامل زيادة زمن الرحلة
	t_0	C	x
الطريق S	٩,٦ دقيقة	٤٥٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٤٣
الطريق U	١٢,٠ دقيقة	٦٠٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٦٣

عدد وحدات السير المتجه من الخلية i إلى الخلية j = ٦٠٠ (وحدة سير/ ساعه).

المطلوب : تحديد مشغولية كلاً من الطريقين:



الحل

بفرض أن K = 3 وأن نسب التقسيم هى ٥٠ - ٣٠ - ٢٠%

المرحلة الأولى

الطريق الأقصر

$t_{So} = 9.6$ min., $t_{Uo} = 12$ min.

∴ الطريق الأقصر هو الطريق S

$P_{K=1} = 50\% = 0.5 \times (600) = 300$ Veh./h.

$M_{S1} = 300$ Veh./h., $t_{S1} = 9.6\{1 + 0.43\,(300 \div 450)\} = 12.35$ min.

$M_{U1} = 0$, $t_{U1} = 12$ min.

المرحلة الثانية

الطريق الأقصر

$t_{S1} = 12.35$ min., $t_{U1} = 12$ min.

∴ الطريق الأقصر هو الطريق U

$P_{K=2} = 30\% = 0.3 \times (600) = 180$ Veh./h.

$M_{U2} = 180$ Veh./h., $t_{U2} = 12\{1 + 0.63\,(180 \div 600)\} = 14.27$ min.

$M_{S2} = 300$ Veh./h., $t_{S2} = 12.35$ min.

المرحلة الثالثة

الطريق الأقصر

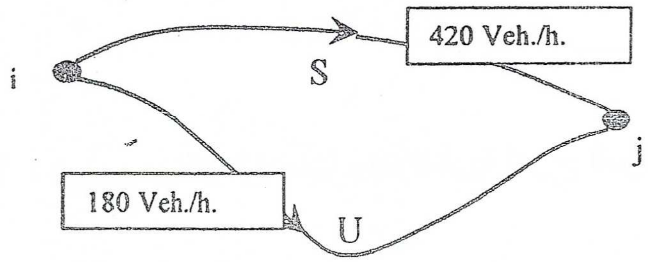
$t_{S2} = 12.35$ min., $t_{U2} = 14.27$ min.

∴ الطريق الأقصر هو الطريق S

$P_{K=3} = 20\% = 0.2 \times (600) = 120$ Veh./h.

$M_{S3} = 300 + 120 = 420$ veh./h., $t_{S3} = 9.60\{1 + 0.43\,(420 \div 450)\} = 13.45$ min.

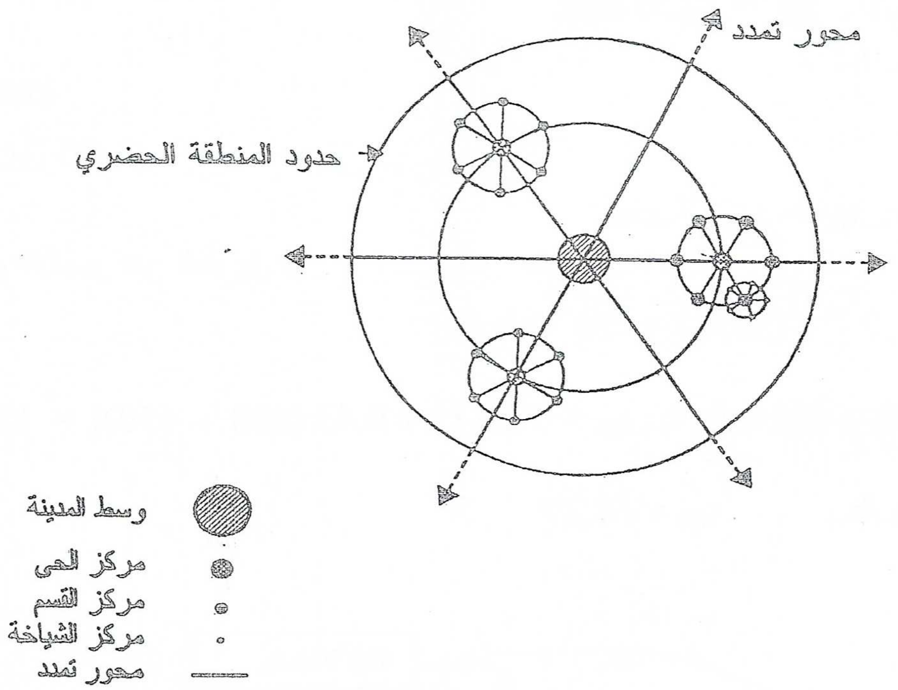
$M_{U3} = 180$ Veh./h., $t_{U3} = 14.27'$



أولاً- إعادة تخطيط خريطة إستخدامات الأراضى

يمكن إيجاز أهداف تحسين خريطة إستخدامات الأراضى بمدينة ما على النحو التالى:

- أن تكون النسبة المخصصة للمرور كافية لتلبية رغبات المواطنين للتنقل.
- إعادة توزيع مراكز الخدمات بالمدينة وفقاً لنظرية تدرج المركزية (خدمات الشياخات – الأقسام – الأحياء – وسط المدينة) كما فى الشكل ١٨. داخل كل شياخة يجب توافر الخدمات الأساسية اللازمة للإحتياجات اليومية لسكان الشياخة (مثل: حضانة، مدرسة إبتدائية، مركز إسعاف، نقطة شرطة، محلات صغيرة للسلع الإستهلاكية). كل مجموعة من الشياخات يطلق عليها "قسم" وله مركز خدمات، يتضمن على سبيل المثال، مدرسة ثانوية، مستشفى عام، قسم شرطة، مركز تجارى وترفيهى، نادى رياضى وإجتماعى). الحى يضم مجموعة من الأقسام ويحوى مجموعة من الخدمات التى لا يحتاجها جميع المواطنين فى حياتهم اليومية، على سبيل المثال، هيئات ومؤسسات، مراكز تجارية وترفيهية وخدمية عالية المستوى ومطاعم ومستشفيات تخصصية. أما مركز وسط المدينة فهو مرآة التحضر بالمدينة ويجمع فى الغالب الأنشطة الخدمية المتنوعة من مراكز تجارية وبنوك ومسارح ومطاعم وشركات سياحة وطيران وخلافه. إن الهدف من تدرج المركزية هو تقليل عدد الرحلات الخارجة من كل خلية نقل، كذلك لتقليل نسبة الرحلات التى تستخدم فيها وسائل نقل (وتزداد تبعاً لذلك رحلات المشاة).
- وضع مراكز تجميع العمالة الجديدة (كالمصانع مثلاً) فى نهاية خطوط النقل العام وعلى حدود المدينة، وبذلك يكون بجانب الرحلات المتجهة لوسط المدينة رحلات تتجه لحدود المدينة (مشغولية متكافئة فى إتجاهى الحركة بوسائل النقل العام وعلى شبكة الطرق).

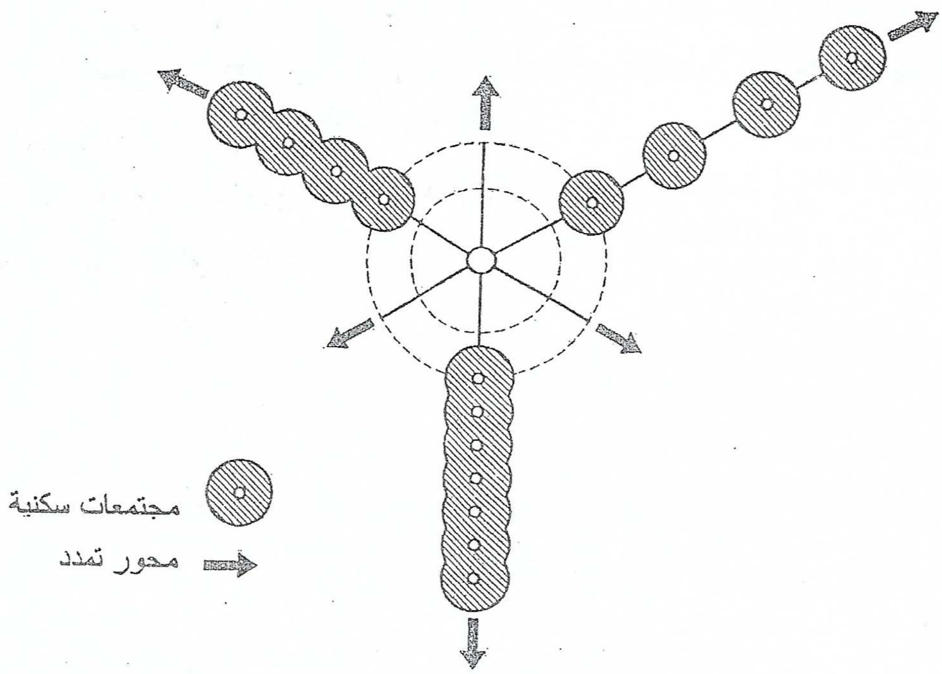


شكل ١٨ : توزيع مراكز الخدمات وفقاً لنظرية تدرج المركزية

ثانياً- تخطيط إسلوب نمو المدنية (شكل ١٩)

نظراً لأن كثيراً من المدن الكبرى أصبحت بوضعها الحالى غير قادرة على توفير حياة مناسبة لسكانها، فإنه من وجهة نظر هندسة النقل، لابد من نمو المدينة عن طريق إنشاء مدن صغيرة (مجتمعات سكنية) حول المدينة، وبحيث تشكل المدن الجديدة والمدينة الأم وحدة إقتصادية – إجتماعية متكاملة (يطلق عليها الإقاليم). ومن قواعد تخطيط نمو المدن الكبرى:

- أن تكون المدن الجديدة على محاور نقل سريعة لربطها بالمدينة الأم (قطرية ودائري).
- أن يكون ترتيب مراكز الخدمات تبعاً لنظرية تدرج المركزية على محاور النقل السريع.
- أن يكون النقل العام على هذه المحاور ذات كفاءة مناسبة لإمكان الإعتماد عليه فى تغطية إحتياجات المواطنين للتنقل.
- المسافة بين المجتمعات السكنية تتوقف على الكثافات السكانية المتوقعة والظروف الطبيعية.



شكل ١٩: محاور النقل السريع اللازمة لنمو المدن ومجال تأثيرها

ثالثاً- تخطيط نظم النقل العام

بناء على التنبؤ بخصائص رحلات المستقبل (عدد الرحلات التى تستخدم فى وسائل النقل العام – التوزيع الجغرافى لرحلات النقل العام) يمكن تحديد الأساليب المختلفة الضرورية للتخطيط، على سبيل المثال:

- تحديد وسائل النقل العام المناسبة.
- تحديد شكل شبكة النقل العام للوسائل المختلفة.
- تخطيط شبكة الخطوط ومواقع المحطات.

- وضع نظام التشغيل (جداول المسير - تعريفة النقل)
- تحديد نظام تحرك وسائل النقل العام بالطرق (حارات أو شوارع للنقل العام فقط).
- مشاركة القطاع الخاص فى النقل الجماعى عن طريق شركات كبرى، الهدف منها تدعيم نظام النقل العام عن طريق تقديم خدمات مميزة للجمهور بتعريفة تحكمها إقتصاديات السوق لجذب عدد من ركاب السيارة الخاصة (وليس ركاب النقل العام).
- تقنين إستخدام التاكسى الجماعى كنظام نقل جماعى مكمل لنظم النقل العام.

الميكروباص

رابعاً- تخطيط شبكة الطرق ونظام إدارة المرور

- إعادة توصيف وتصنيف شبكة الطرق (طرق سريعة - شوارع رئيسية - ...)
- وضع قواعد المرور (شوارع الإتجاه الواحد - منع الإتجاه لليسار - نظام إشارات المرور - ..)
- تهدئة المرور بالمناطق السكنية ووسط المدينة (مناطق المشاة فقط - منع المرور السريع)
- وضع قواعد إنتظار السيارات (مواقع إنتظار السيارات وسعتها - أزمنة الانتظار - ..)
- ITS تطبيق التكنولوجيا الحديثة والإشارات الأتوماتيكية الذكية فى التحكم الألى لإنسياب المرور على محاور الطرق الرئيسية وبمنطقة وسط المدينة
- التوسع فى تزويد الطرق بإشارات وعلامات الإرشاد المرورى لتحديد أولويات المسير
- إعادة التخطيط المرورى لشبكة الطرق بمنطقة وسط المدينة ليتضمن طرق رئيسية تحيط بالمنطقة غير مصرح بالإنتظار عليها، وطرق داخلية إتجاه واحد يصرح بالإنتظار على أحد جوانبها أو على الجانبين
- الإعتماد على وسائل النقل العام كنظام النقل الأساسى لتحركات المواطنين من وإلى وسط المدينة كبديل للسيارة الخاصة
- تشغيل وحدات ميكروباص بمنطقة وسط المدينة لتسهيل التنقلات الداخلية

خامسا- تأمين تحركات المشاه

- فى إطار إستراتيجية مرورية، من الضرورى إنشاء مناطق للمشاه فقط فى بعض المناطق والشوارع التجارية والسكنية وذات القيمة الحضارية والتاريخية والتى تزداد فيها كثافة المشاه.
- يجوز التصريح لوسائل النقل العام بالمسير فى شوارع المشاه، وقد تبين من الخبرات العملية أن حركة النقل العام بمناطق المشاه لاتؤثر سلبياً على الأمان المرورى.
- تأمين عبور المشاه للطرق وعند التقاطعات والميادين.
- زيادة عرض الأرصفة بالشوارع التى بها حركة مشاه كثيفة، وقد أوضحت الدراسات، أن إقتطاع مساحات من الطرق المخصصة لمرور السيارات وتخصيصها للمشاه فقط لايؤثر سلبياً على السيولة المرورية، إذا كان ذلك مصحوباً بإجراءات لتدعيم النقل العام كبديل للسيارة الخاصة.

سادساً- تخطيط تحركات اللوريات ومركبات النظافة

- تحديد مسارات وأزمنة للتحركات
- تحديد مواقع وإنشاء مراكز جملة لتجميع وتوزيع البضائع

٣-٣-٢ التنبؤ بفاعلية الأساليب الفنية

إن تنفيذ أى أسلوب من الأساليب المقترحة -سابقة الذكر- قد يتبعه تغيير فى خصائص الرحلات (على سبيل المثال، قد يكون نتيجة تشغيل مترو أنفاق جديد بمدينة ما، زيادة عدد مرات تكرار الرحلات اليومية للمواطنيين). لذا فمن الضرورى العمل على التنبؤ بمدى فاعلية الأساليب المقترحة كل على حدا لتحقيق نظام الأهداف المحدد للتخطيط، ومن أهم الطرق المستخدمة لهذا الغرض:

أ- طريقة التنبؤ

يتم الإستفسار من عينة من المواطنين عن خصائص رحلاتهم المتوقعة، إذا ما نفذ إسلوب معين من أساليب التخطيط.

ب- طريقة التشابه

وفيها يفترض المخطط أن تأثير تنفيذ أسلوب معين بالمدينة موضوع الدراسة سيكون هو نفسه تأثير تنفيذ نفس الأسلوب فى مدينة أخرى، تم فيها من قبل إستخدام الإسلوب المقترح.

ج- طريقة التحليل الزمنى

وفيها يتم جمع بيانات عن طريق الاستقصاء أو العد والقياس قبل وبعد تنفيذ أحد الأساليب المقترحة للتخطيط. وعن طريق تحليل النتائج يمكن تعديل التخطيط للحصول على الحل الأمثل. غالباً ما تستخدم هذه الطريقة للأساليب التى تأخذ طابع المرونة فى التنفيذ (على سبيل المثال تعريفة الانتظار - منع المرور فى أحد الطرق - تخصيص أحد الشوارع للمرور فى إتجاه واحد)، والتى يمكن فيها تعديل التخطيط بدون خسائر مادية كبيرة.

٣-٤ تقييم الحلول البديلة — Evaluation of Alternative Solutions

لتخطيط شبكات النقل الضخمة داخل المدن، تستخدم برامج تجارية تعمل على الحاسب الآلى، ويمكنها التعامل مع أعداد كبيرة من خلايا النقل ووصلات الطرق. ومن أشهر هذه البرامج فى الوقت الحالى وأكثرها إنتشاراً مجموعة PTV-System، حيث أنها تتضمن تكنولوجيا عالية، وأساليب علمية حديثة ودقيقة، كما أنها مبنية على أساس الحوار بين المخطط والحاسب الآلى، وتظهر النتائج على شاشة الحاسب، إما فى صورة خرائط أو جداول أو أشكال هندسية.

هناك برامج أخرى مثل CORSIM & HCS

تتضمن مجموعة PTV-System ثلاث برامج VISEM, VISUM, & VISSIM:

VISEM: يتضمن أساليب متعددة لنماذج (الإنبثاق والجذب)، (التوزيع)، (والإختيار). والبرنامج يعد مصفوفات المصدر/الهدف المتنوعة (واللازمة لمرحلة تخصيص الرحلات على شبكة الطرق)، وهو قابل للمعايرة، ومصمم بحيث يمكنه تعديل النتائج فوراً عندما يريد المخطط تغيير أى معلومة فى مدخلات البرنامج.

VISUM: يعتمد على مصفوفات المصدر/الهدف المتنوعة التى تنقل لـه أتوماتيكيـا مـن VISEM ،ويتضمن نماذج متعددة لتخصيص الرحلات على الشبكاتة لكل نظام مـن نظـم النقـل. والبرنامج أيضاً قابل للمعايرة، ومن أهم مخرجاته مشغولية الطـرق وخصـائص المـرور عليهـا (السرعة – مستوى الخدمة – زمن الرحلة)، هذا بالإضافة إلي التأثيرات البيئية المتوقعة (الضوضاء والعوادم). والبرنامج مصمم بحيث يمكنه أيضاً تعديل النتائج فوراً عندما يريد المخطط إجراء أى تعديل فى شبكات النقل أوخصائصها، وبالتالى يمكن بسهولة إختبار عدد كبير من البدائل التخطيطية فى أسرع وقت ممكن.

VISSIM: هو برنامج محاكاة Simulation يحصل على البيانات اللآزمة لـه مـن مخرجـات VISUM، ويقوم بعرض تفصيلى Micro-Analysis with Animation لحركة وسائل النقـل المتنوعة وكذلك المشاه على كل طريق. كما يقوم بحساب أزمنة التاخيرات عند التقاطعات، وكـذلك أزمنة دورة إشارات المرور فى حالة وجودها. يقوم البرنامج بتعديل النتائج فوراً إذا ما قام المخطط بإجراء أى تعديل فى التخطيط الهندسى للطرق أو التقاطعات.

بإستخدام البرامج التجارية، يمكن إعداد بدائل تخطيطية مختلفة، يتطلب الأمر تقييمها عـن طريـق مقارنة بعضها البعض فنيا، وإقتصاديا، وإجتماعيا. كذلك مقارنتها ببديل يطلق عليه "Do-Nothing-Scenario" والذى يمكن تعريفه بأنه الوضع الحالى لنظم النقل والمرور دون أى تعديلات جذريـة، أى أن الزيادات فى أحجام الحركة ستكون على نفس الشبكات الحالية. الجدول التالى يوضح معايير مقارنة البدائل وتقييمها.

الهدف	معيار التقييم	التقييم
التقييم الفني	متوسط السرعة	الأفضل: السرعة الأكبر مع مراعاة أقصى سرعة مصرح بها
	مستوى الخدمة	الأكبرأفضل (٠,٦ – ٠,٨)
	نسبة عدد رحلات النقل العام	الأكبر أفضل
	نسبة رحلات المشاه	الأكبر أفضل
	عدد رحلات المواطن فى اليوم	الأكبر أفضل
	إجمالى أزمنة التأخيرات فى اليوم	الأقل أفضل
التقييم الإقتصادى	معدل العائد	يراجع الباب الرابع (تخطيط النقل والتحليل الإقتصادى)
	التكاليف الكلية السنوية	
	فترة إسترداد رأس المال	
	المنافع و التكاليف	
التقييم البيئى	إستهلاك الطاقة	الأقل أفضل
	كميات العوادم المختلفة	الأقل أفضل
	متوسط الضوضاء	الأقل أفضل
	المساحات المخصصة للمرور	الأقل أفضل
التقييم الإجتماعى	أعداد الحوادث	الأقل أفضل
	الإحساس بالأمان المرورى	الأكبر أفضل

تمارين

١. قيست أحجام المرور على طريق فكانت ١٥٥٠ وحدة سير/الساعة، قيست سرعة ٥٨ وحدة منها فكانت السرعة المتوسطة ١٧,٤ كم/الساعة بإنحراف معيارى ٦ كم/الساعة. إحسب الخطأ النسبى لهذه السرعة مع إحتمال ٩٥,٥ %

٢. الجدول التالى يوضح تطور ملكية السيارات (سيارة/١٠٠٠ شخص) بمدينة ما منذ عام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠٠٥.

العام	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥
ملكية السيارات	٨,٠٨	١٥,٧١	٢٢,٦٦	٢٧,٥٩

إحسب ملكية السيارات عام ٢٠٢٠ بهذه المدينة مستخدماً كل من:

أ- طريقة الزيادة الخطية المنتظمة

ب- طريقة معامل النمو الهندسى

ج- طريقة التطور المنطقى، إذا فرض أن ملكية السيارات بهذه المدينة يجب ألا تتعدى ٥٠ سيارة/ ١٠٠٠ شخص.

٣. الجدول التالى يوضح بيانات عن الوضع الحالى والمستقبلى لعدد العاملين وفرص العمل بأقسام إحدى المدن: أبريل ٢٠٠٢

	الوضع الحالى			الوضع المستقبلى		
	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣
عدد العاملين	١٠٠٠	٢٤٠٠	١٢٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠	٢٠٠٠
فرص العمل	١٦٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	١٨٠٠	٢٧٠٠	٣٠٠٠

فإذا كانت مصفوفة المصدر/الهدف للوضع الحالى فى وقت الذروة هى كما يلى:

من \ الى	١	٢	٣	Q
١	-	٦٠٠	١٠٠٠	١٦٠٠
٢	٢٠٠	-	٢٥٠٠	٢٧٠٠
٣	٤٠٠	٥٠٠	-	٩٠٠
Z	٦٠٠	١١٠٠	٣٥٠٠	٥٢٠٠

المطلوب:

أ- إحسب أعداد الرحلات المنبثقة والمنجذبة (فى المستقبل) من وإلى كل قسم

ب- إحسب بإستخدام معامل النمو المتوسط أعداد الرحلات (فى المستقبل) من الخلية رقم ١ الى الخلية رقم ٣

٤. إحسب أعداد الرحلات المنبثقة من خلية نقل فى عام ٢٠١٥، بناء على البيانات بالجدول التالى، إذا علم أن الرحلات المنبثقة من هذه الخلية عام ٢٠٠٥ كانت ٢٠٠٠ رحلة يوميا

العام	أعداد السكان	أعداد العاملين	ملكية السيارات (سياره/١٠٠٠ مواطن)
٢٠٠٥	١٤٠٠٠	٢٧٠٠	٤٨
٢٠١٥	١٢٠٠٠	٣٥٠٠	٦٥

٥. المطلوب إعداد مصفوفة المصدر/الهدف في المستقبل لساعة الذروة بناء على البيانات التالية بأقسام إحدى المدن، إستخدم طريقة النمو المنتظم:

	الوضـــــع الحالى			الوضـــــع المستقبلى		
	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣
أعداد السكان (x ١٠٠٠)	١٠	٢٤	١٢	١٨	٢٢	٢٠
أماكن العمل	٣٠٠٠	٥٠٠٠	٣٥٠٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠
سيارة لكل ١٠٠٠ مواطن	١٠٠٠	٢٤٠٠	١٢٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠	٢٠٠٠
عدد المدارس	٤	٦	٥	٦	٦	٦

مصفوفة المصدر/الهدف للوضع الحالى فى ساعة الذروة

	١	٢	٣	Q
١	-	٦٠٠	١٠٠٠	١٦٠٠
٢	٢٠٠	-	٢٥٠٠	٢٧٠٠
٣	٤٠٠	٥٠٠	-	٩٠٠
Z	٦٠٠	١١٠٠	٣٥٠٠	٥٢٠٠

٦. الجدول التالى يوضح بيانات عن أعداد السكان العاملين – فرص العمالة بأقسام إحدى المدن وذلك فى عام ٢٠٠٠ وعام ٢٠٢٠

بيانات عام ٢٠٠٠

القسم	أعداد السكان	أعداد العاملين	فرص العمالة
١	٥٢٠٠	٢٤٩٦	١٤٠٠
٢	٦٦٠٠	٣١٦٨	١٢٠٠
٣	١٦٠٠	٧٦٨	٤٥٠٠
٤	٨١٠٠	٣٨٨٨	٦٩٠٠
٥	٥٥٠٠	٢٦٤٠	١٤٠٠
٦	٢٥٠٠	١٢٠٠	٦٠٠

بيانات عام ٢٠٢٠

القسم	أعداد السكان	أعداد العاملين	فرص العمالة
١	٥٤٠٠	٢٨٠٨	١٤٠٠
٢	٦٩٠٠	٣٥٨٨	١٥٠٠
٣	٢٨٠٠	١٤٥٦	٤٧٠٠
٤	٧٣٠٠	٣٧٩٦	٦٠٠٠
٥	٤١٠٠	٢١٣٢	١٠٠٠
٦	٥١٠٠	٢٦٥٢	١٥٠٠

إحسب بإستخدام نموذج معامل النمو المنتظم أعداد الرحلات المنبثقة والمنجذبة من وإلى أى قسم من أقسام المدينة عام ٢٠٢٠ إذا علم أن مصفوفة المصدر والهدف للرحلات اليومية عام ٢٠٠٠ كانت كما يلى:

من \ إلى	١	٢	٣	٤	٥	٦
١	٣٥	٧٥	٨٧	٢٥١	٧٨	١٦
٢	٧٥	٤٤	٦٤	٢١٥	٤٣	٢٩
٣	٨٧	٦٤	١٥	١٦٤	٧٣	٣٢
٤	٢٥١	٢١٥	١٦٤	١٠٥	٢٧٤	٨١
٥	٨٧	٤٣	٧٣	٢٧٤	٣٠	٣٢
٦	١٤	٢٩	٣٢	٨١	٣٢	٠٧

٠٧) بإستخدام البيانات بالسؤال السابق إحسب عام ٢٠٢٠:

أ- عدد الرحلات الداخلية بالخلية رقم ٣ & ٦ بإستخدام طريقة معامل النمو المتوسط

ب- بين كل من الخليتين رقم ٥ – رقم ٦ باستخدام طريقة فراتر.

٠٨) مدينة مكونة من ٤ خلايا نقل حسبت عدد الرحلات المنبثقة والمنجذبة من وإلى كل خلية فكانت النتائج كما يلى:

الخلية	عدد الرحلات المنبثقة بالألف	عدد الرحلات المنجذبة بالألف
١	١٠	٥٠
٢	٢٠	١٠
٣	٣٠	٢٠
٤	٤٠	٣٥

فإذا علم أن مصفوفة المقاومات بين الخلايا الأربعة هى:

من \ إلى	١	٢	٣	٤
١	١	٢	٣	٤
٢	٣	٢	١	٢
٣	٣	٤	٣	٢
٤	١	٢	٣	٤

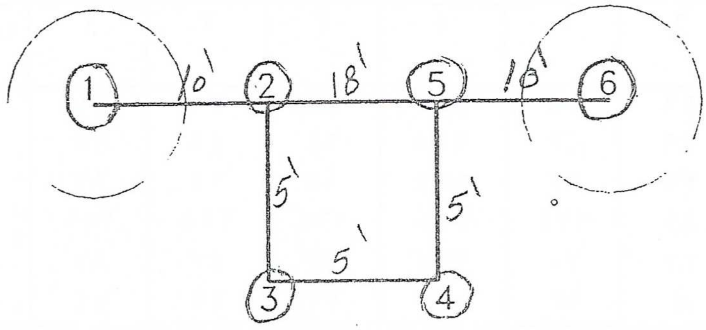
إحسب عدد الرحلات بين الخلايا مستخدماً نموذج الجاذبية.

٠٩) إذا علم أن هناك ٣ إمكانيات للوصول من الخلية i إلى الخلية j : الأتوبيس – الترام – التاكسى الجماعى، وأن تعريفة التنقل لكل منها ٧٥ – ٣٥ – ١٠٠ قرش على الترتيب. إحسب نسب توزيع الرحلات من الخلية i إلى الخلية j لكل وسيلة نقل.

مارس ٢٠٠٤

(١٠) خصص ١٠٠٠ رحلة من الخلية ١ الى الخلية ٦ على شبكة الطرق التالية مستخدما ثلاثة أساليب تخصيص مختلفة والبيانات التالية (إرسم ثلاث كروكيات توضح النتائج):

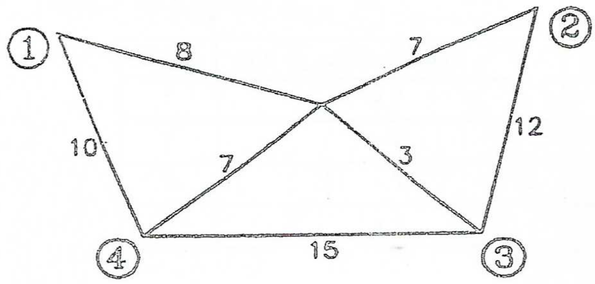
مايو ٢٠٠٨



From	To	t_0 (min)	x	C (pcu/h)
1	2	10	0.5	900
2	5	18	0.3	1600
2	3	5	0.6	1000
3	4	5	0.6	1000
4	5	5	0.6	1000
5	6	10	0.5	900

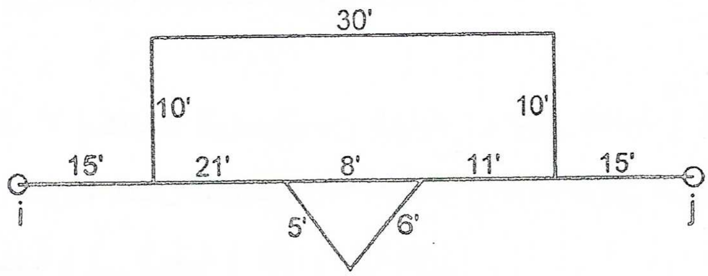
ابريل ٢٠٠٢

(١١) الشكل يوضح وصلات شبكة طرق تربط بين ٤ خلايا، وكذلك أزمنة قطع الرحلات بالدقيقة. المطلوب تخصيص الرحلات من الخلية ١ إلى الخلية ٣ والتى تبلغ ٢٠٠٠ سيارة/الساعة بإستخدام طريقة السعة المقيدة، إذا علم أن سعة جميع الطرق متساوية وتبلغ ٦٠٠ سيارة/الساعة ومعامل زيادة زمن الرحلة ٠,٦٠.

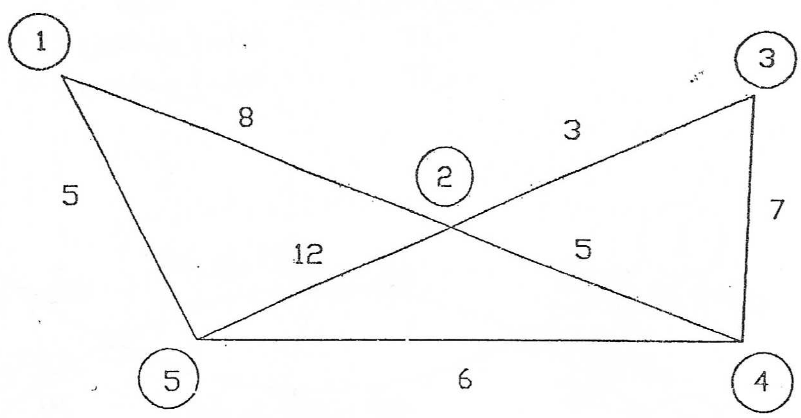


(١٢) الشكل التالى يوضح إتصال مركز الخلية i مع مركز الخلية j عن طريق مجموعة من الطرق، وكذلك أزمنة الرحلات بالدقيقة لقطع هذه الطرق المطلوب إيجاد نسب مشغولية الطرق المختلفة بإستخدام كيرشهوف.

تخصيص

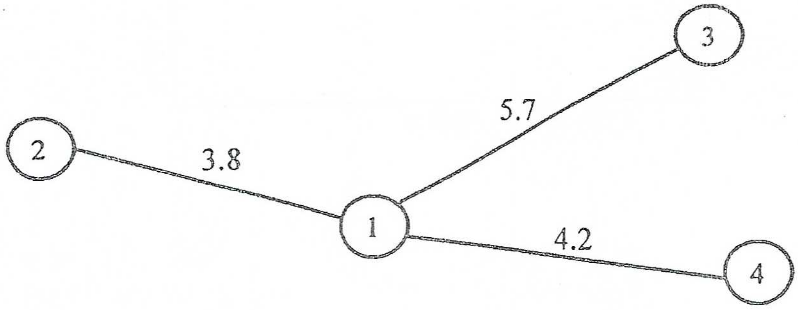


١٣. الشكل التالى يوضح شبكة من الطرق تربط بين ٥ خلايا نقل، كذلك أقل زمن (بالدقائق) لقطع الرحلات بين الخلايا. إستخدم طريقة (أقصر طريق) لتخصيص الرحلات بالمصفوفة التالية على شبكة الطرق.



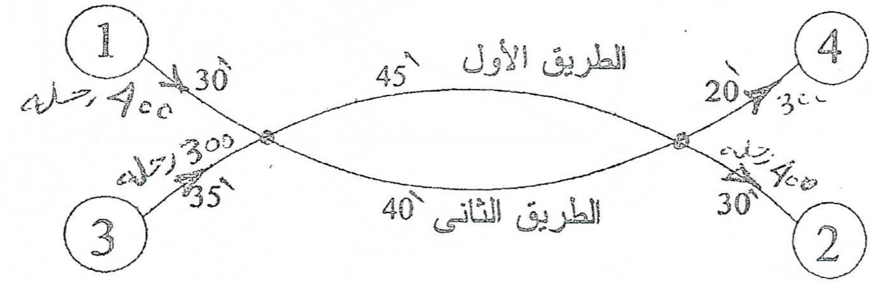
الهدف / المصدر	١	٢	٣	٤	٥
١	-	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	١٥٠
٢	٤٠٠	-	٢٠٠	١٠٠	٥٠٠
٣	٢٠٠	١٠٠	-	١٠٠	١٥٠
٤	٢٥٠	١٥٠	٣٠٠	-	٤٠٠
٥	٢٠٠	١٠٠	٥٠	٣٥٠	-

١٤. وفقا للشكل التالى، سكان الخلية (١) يمكنهم قطع رحلاتهم بهدف قضاء المصالح الشخصية من خلايا النقل ٢، ٣، ٤. الشكل يوضح أيضاً المسافة بالكيلومتر بين الخلية (١) وباقى الخلايا. المطلوب: حساب مشغولية الطريق بين الخلايا الأربعة نتيجة رحلات المصالح الشخصية من الخلية (١) للخلايا الثلاث الباقية.



١٥. الشكل التالى يوضح شبكة الطرق بين ٤ خلايا نقل وأزمنة الرحلات بين الخلايا بالدقيقة. المطلوب تخصيص الرحلات على شبكة الطرق، وذلك لعدد رحلات من ١ إلى ٢ قيمتها ٤٠٠ ورحلات من ٣ إلى ٤ عددها ٣٠٠ رحلة، إذا علم أن:

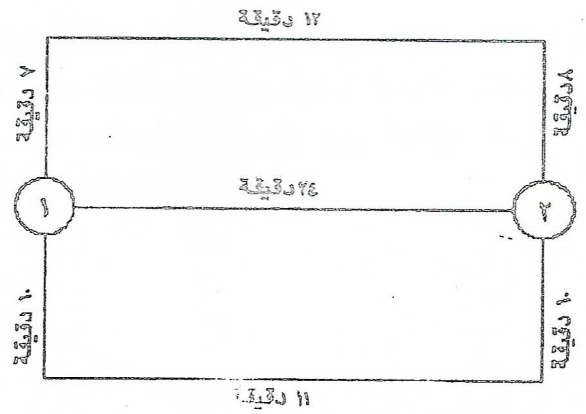
	السعة	معامل زيادة زمن الرحلة
الطريق الأول	٤٥٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٤٣
الطريق الثانى	٦٠٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٦٣



١٦. الشكل يوضح وصلات شبكة طرق تربط بين خليتين (١ & ٢)، وكذلك أزمنة قطع الرحلات بالدقيقة. المطلوب تخصيص الرحلات من الخلية ١ إلى الخلية ٢ والتى تبلغ ٢٠٠٠ سيارة/الساعة:

أولا: باستخدام طريقة الطريق الأقصر

ثانيا: باستخدام طريقة السعة المقيدة، إذا علم أن سعة جميع الطرق متساوية وتبلغ ١٢٠٠ سيارة/الساعة ومعامل زيادة زمن الرحلة ٠,٦٠ ، وضح النتائج على الشبكة.



الباب الثانى
تخطيط النقل العام

تخطيط النقل العام

Public Transport Planning (mass transit)

١- واجبات نظم النقل العام داخل المدن

Duties of Public Transport in Urban Areas

تغطية إحتياجات المواطنين للتنقل:

- للأغراض المختلفة (العمل، التعليم ، قضاء وقت الفراغ)،
- على مدار اليوم،
- وفقاً لجدول مسير ثابت وبفترة تقاطر أقل ما يمكن،
- من المصدر للهدف مباشرة بقدر الإمكان،
- فى أقل زمن ممكن (بما فى ذلك زمن التحرك على الإقدام من المصدر أو الهدف)،
- بأمان،
- بمستوى خدمة مناسب.

٢- إستراتيجية تخطيط شبكات النقل العام (شكل ١)

Strategies of Public Transport Network Planning

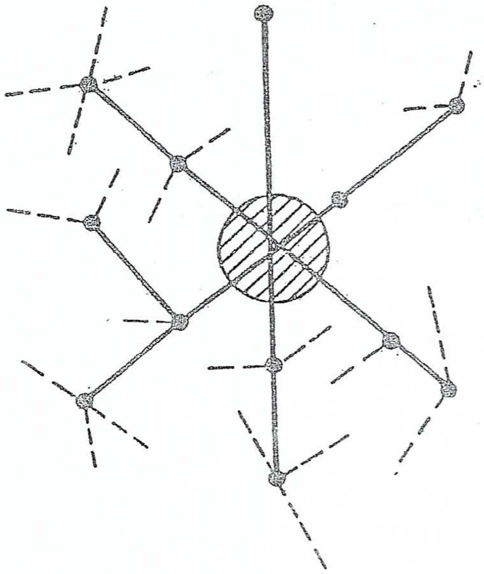
- إنشاء شبكة نقل عام رئيسية-لربط أحياء المدينة المختلفة بعضها البعض.
- إنشاء شبكة نقل عام ثانوية لخدمة الأقسام المختلفة للمدينة، ترتبط هذه الشبكة بخطوط الشبكة سابقة الذكر عند محطات تغيير لوسيلة المواصلات.
- تشغيل الميكروباص كوسيلة نقل عام مساعدة لخدمة المناطق التى يصعب فيها تحرك وحدات الأتوبيس التقليدية أو لخدمة أغراض النقل من المصدر إلى الهدف مباشرة.
- إعطاء أولويات المرور على شبكة الطرق لوسائل النقل العام.
- الحد من إستخدام السيارة الخاصة بوسط المدينة عن طريق:
  - مد خدمة النقل العام داخل وسط المدينة
  - خدمة وسط المدينة بوحدات الميكروباص

محطات التغيير

منطقة وسط المدينة

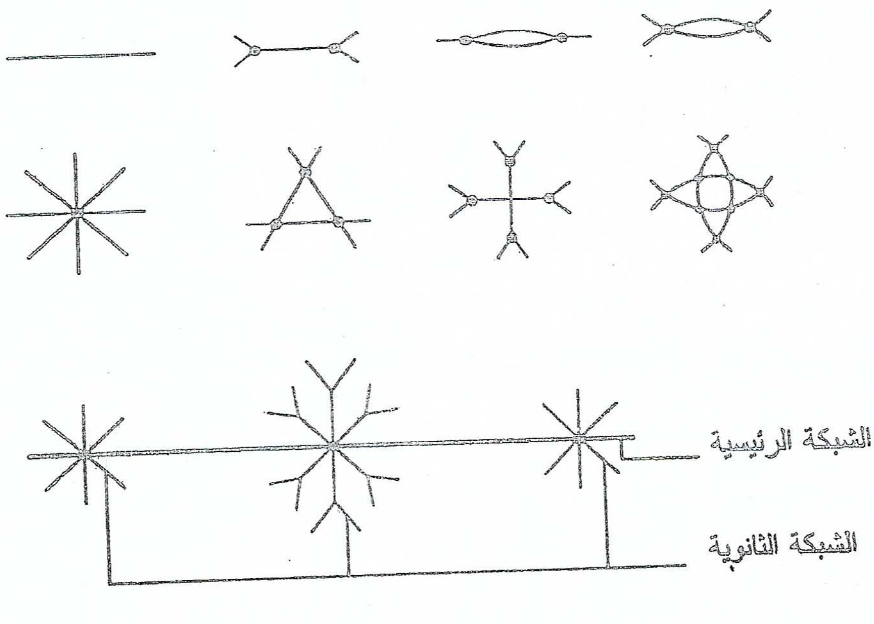
خطوط النقل العام الثانوية

شبكة النقل العام الرئيسية



شكل ١: إستراتيجية تخطيط شبكات النقل العام

٣- نماذج شبكات النقل العام (شكل ٢) Public Transport Network Models



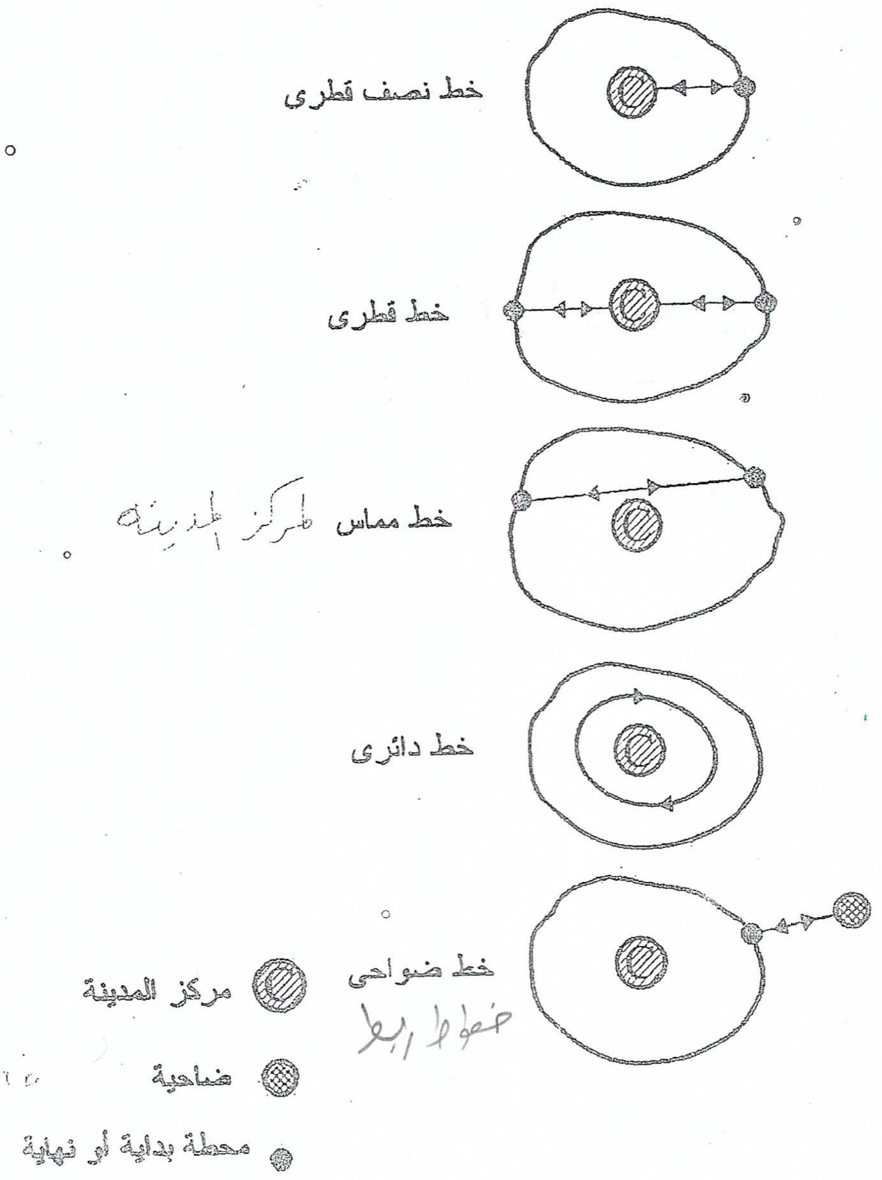
محطة تغيير وسيلة

الشبكة الثانوية

الشبكة الرئيسية

شكل ٢: نماذج شبكات النقل العام

٤- نماذج خطوط النقل العام (شكل ٣) Public Transport Line Models



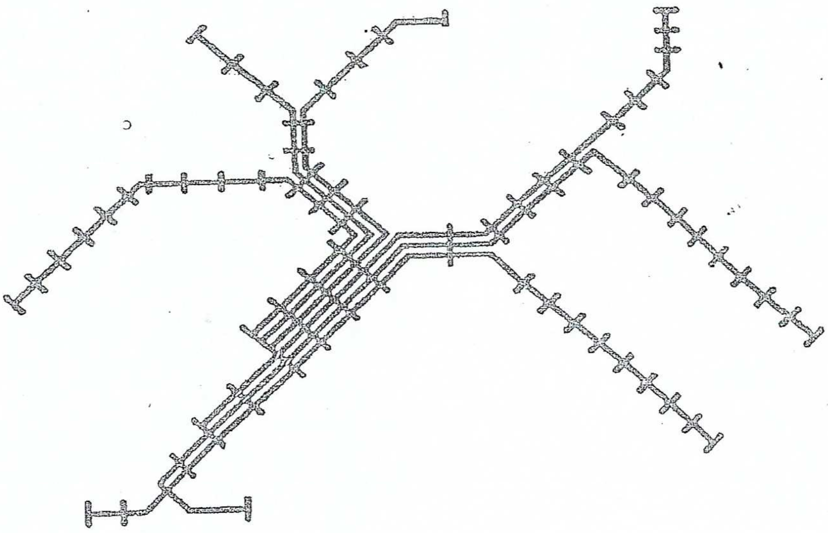
شكل ٣: نماذج خطوط النقل العام

الإشتراطات الواجب توافرها بشبكات خطوط النقل العام

زمن الرحلة	← أقل ما يمكن
عدد مرات تغيير الوسيلة	← أقل ما يمكن
وحدة سير. كم	← أقل ما يمكن

ويمكن تحقيق هذه الإشتراطات ككل بإستخدام أساليب بحوث العمليات

شكل ٤ يوضح مثال لشبكة نقل عام بمدينة، ويمكن من الشكل التعرف على شبكة الخطوط



شكل ٤: مثال لشبكة نقل عام

٥- وسائل النقل العام — Public Transport Modes

- وسائل النقل العام التقليدية

  ميكروباس – أتوبيس – ترولى باس – ترام

- وسائل النقل العام السريعة (معزولة المسار جزئيا)

  أتوبيس سريع – المترو الحضرى

- وسائل النقل العام السريعة (مقيدة المسار كليا)

  مترو الإنفاق

- سكك حديد الضواحى

الجدول التالى يعطى تصوراً عاماً لخصائص كل وسيلة من وسائل النقل العام

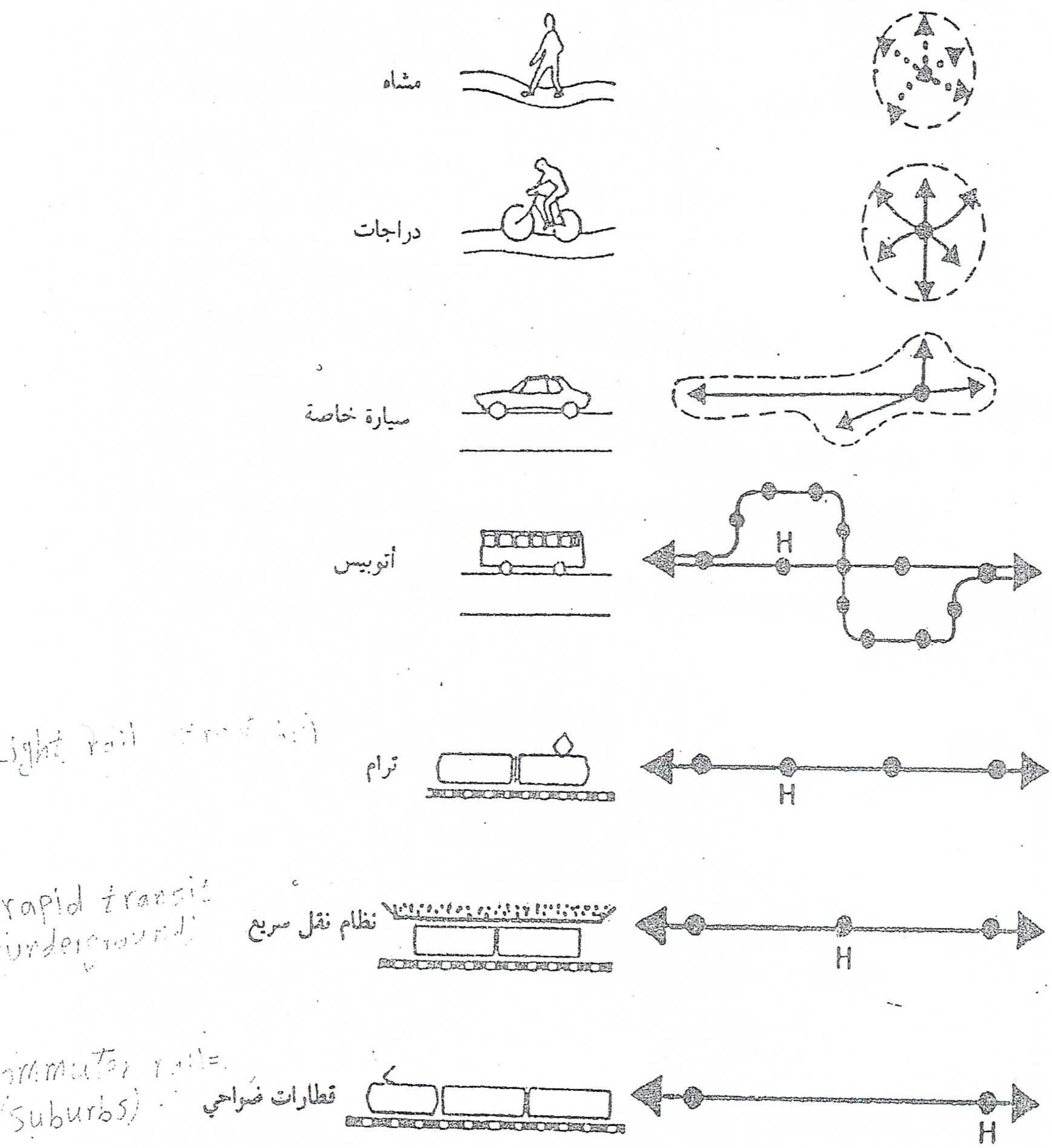
الخصائص	أتوبيس	ترام	مترو حضرى	مترو حضرى	سكك الضواحى
سعة العربة (راكب)	٤٠ — ١٢٠	١٠٠ — ١٨٠	١١٠ — ٢٥٠	١١٠ — ٢٥٠	حوالى ٢٨٠
عدد عربات القطار	١	١ — ٣	١ — ٤	١ — ٤	١ — ١٠
سعة القطار (راكب)	٤٠ — ١٢٠	١٠٠ — ٣٠٠	١١٠ — ٧٠٠	١١٠ — ٧٠٠	حتى ٢٠٠٠
سعة الخط (راكب/الساعة/إتجاه)	٧٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	٦٠٠٠٠
المسافة بين المحطات (بالمتر)	٢٠٠ — ٥٠٠	٢٥٠ — ٥٠٠	٥٠٠ — ٨٠٠	٥٠٠ — ٨٠٠	١٢٠٠ — ٤٥٠٠
سرعة المسير (كم/الساعة)	٦ — ١٥	٥ — ١٣	٢٥ — ٣٥	٢٥ — ٣٥	٣٨ — ٦٥
الأمان	متوسط	متوسط	عالي/متوسط	عالي/متوسط	عالى
درجة الاعتماد على الوسيلة	قليل	قليل	عالي/متوسط	عالي/متوسط	عالى

٦- المقارنة بين نظم النقل العام

Comparison between Public Transport Systems

٦-١ المسارات (شكل ٥)

Routes



شكل ٥: المسارات

٦-٢ المساحات اللازمة

Needed Areas

مثال توضيحي

ما هى المساحات المطلوبة لنقل ١٥٠٠٠ راكب / ساعة بنظم النقل المختلفة؟

الحالة الأولى: السيارات الخاصة على طريق داخل المدن ١٧ حارة إتجاه واحد – عرض الحارة ٣,٥ متر بالإضافة إلى أماكن الانتظار. العرض الكلى = ١١٩ متر

الحالة الثانية: السيارات الخاصة على طريق سريع – ٧ حارة لكل إتجاه عرض الحارة ٣,٧٥ متر بالاضافة إلى أماكن الانتظار. العرض الكلى = ٥٢,٢٥ متر.

الحالة الثالثة: أتوبيس – ٤ حارات عرض الحارة ٣,٥ متر – سعة الأتوبيس ١٠٠ راكب. العرض الكلى = ١٤ م.

الحالة الرابعة: أتوبيس سريع – حارتين – عرض الحارة ٥,٥ متر – ١٠٠ راكب بالأتوبيس. العرض الكلى = ١١ م.

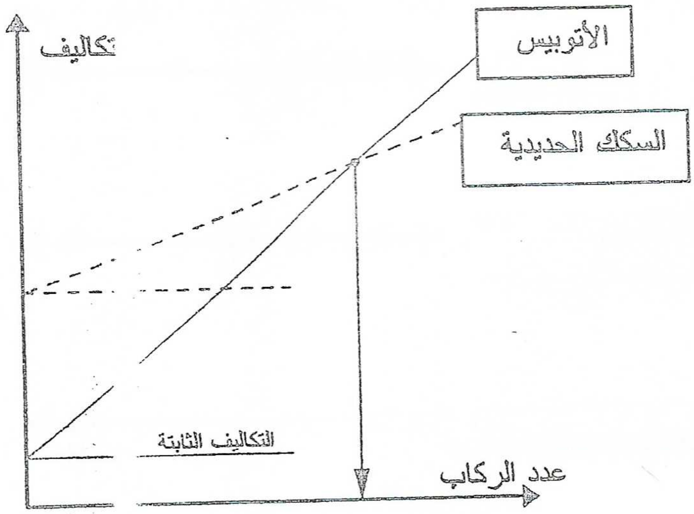
الحالة الخامسة: نظام نقل سريع (فى مسار معزول تماما) - القطار ١٠٠٠ راكب. العرض الكلى = ٧,٥ م.

٦-٣ تكاليف النقل Transport Costs

يمكن إيجاز التكاليف اللازمة للنقل العام فيما يلى :

- تكاليف رأسمالية (تكاليف الإنشاء + تكاليف شراء وحدات السير)، وهى تكاليف ثابتة
- مصاريف التشغيل (الأجور + إستهلاك الطاقة + الصيانة + الإهلاك)، وهى تكاليف متغيرة تتوقف على حجم الحركة لخدمات نقل الركاب الفعلية

شكل ٦ يقارن بين التكاليف الكلية للنقل بالأتوبيس ووسائل النقل الحديدية (أيضا داخل المدن)



شكل ٦: العلاقة بين التكاليف الكلية وأعداد الركاب

ملحوظة

على محور معين، تكاليف النقل بوسائل النقل الحديدية تقل عن تكاليف النقل بالأتوبيس، إذا كان حجم النقل (عدد الركاب) على هذا المحور أكبر من حد معين.

٦-٤ مترو الإنفاق والمترو الحضرى

Underground and Light Rail (Urban Metro)

أولاً- مترو الإنفاق

- يحتاج تنفيذ مترو الإنفاق لفترات زمنية طويلة للتخطيط والإنشاء.
- لا يمكن البدء فى تشغيل مترو الإنفاق بعد الإنتهاء من المراحل الأولى للإنشاء، إذ يحتاج الأمر لإنشاء أطوال كبيرة من النفق قبل البدء فى التشغيل.
- يحتاج إنشاء مترو الإنفاق لأعمال إنشائية ضخمة تحت سطح الأرض، وعند المحطات من الضروزى إنشاء أكثر من طابق.
- عند إنشاء الإنفاق تحت سطح المياه الجوفية، يتتطلب الأمر العزل البيتوميني للنفق، وفى أغلب الأحيان تكون هناك حاجة إلى نظام تصريف للمياه الجوفية المتسربة.

ثانيا – المترو الحضرى

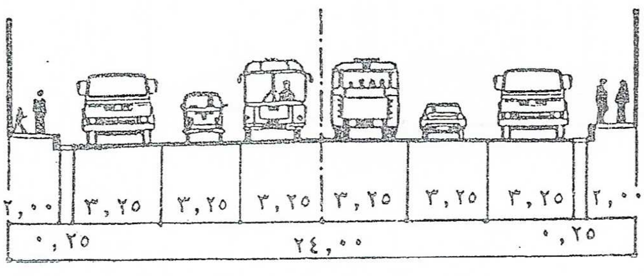
- يستخدم فى هذا النظام وحدات ذات سعة عالية تتحرك فى مسار معزول عن حركة المرور.
- وحدات المترو الحضرى ذات عجلة تسارع وعجلة تناقص كبيرة.
- لا يتطلب نظام المترو الحضرى أن يكون مساره دائما داخل نفق فقد يكون المسار سطحيا أو على كوبرى.
- لتطوير نظام ترام (على سبيل المثال) ليصبح مترو حضرى يمكن تنفيذ المسار المعزول أولا بمناطق الاختناقات، ثم يستكمل بعد ذلك على مراحل كلما سمحت الظروف بذلك.

٧- مرافق النقل العام

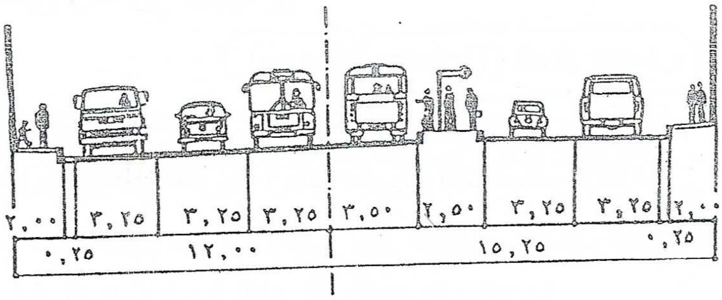
Cross Sections of Tracks of Public Transport Modes

٧-١ الطريق (شكل ٧)

أ) الأتوبيس

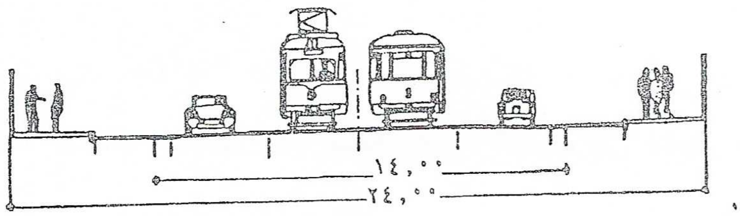


شكل ٧-أ: قطاع عرضي لطريق في منتصفه حارة للأتوبيس فقط لكل اتجاه

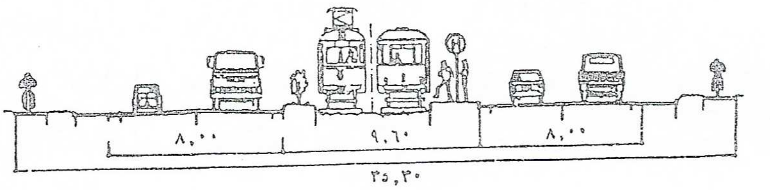


شكل ٧-ب: قطاع عرضي للطريق السابق عند محطة الاتوبيس

ب) الترام

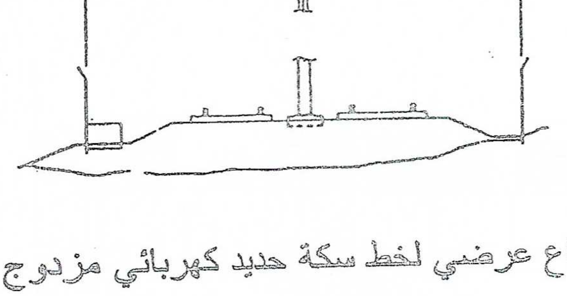


شكل ٧-ج: قطاع عرضي لطريق في منتصفه حارة للترام لكل اتجاه



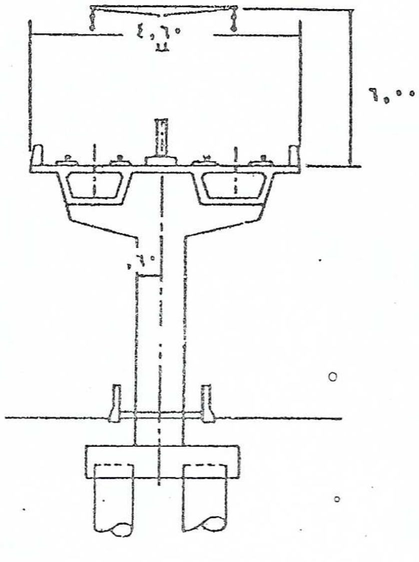
شكل ٧-د: قطاع عرضي لطريق في منتصفه ترام معزول المسار (عند محطة)

ج) السكك الحديدية



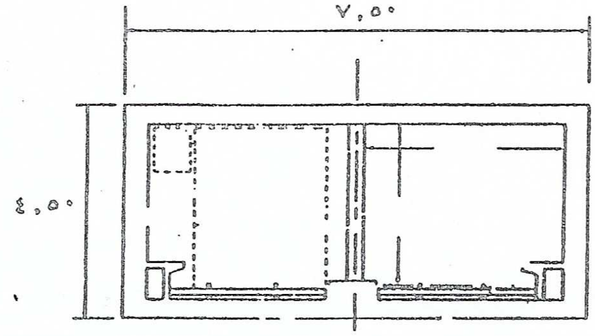
شكل ٧-ه: قطاع عرضي لخط سكة حديد كهربائي مزدوج على جسر

د) المترو الحضرى



شكل ٧- و: قطاعات لكباري النقل العام

ه) مترو الإنفاق

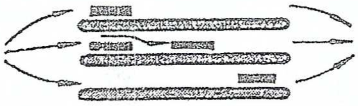


شكل ٧ – ذ: قطاع عرضي لنفق

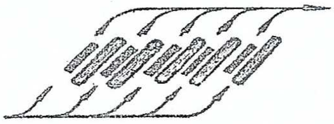
٧-٢ المحطات النهائية (شكل ٨)

Stations

أ) محطات الأتوبيس

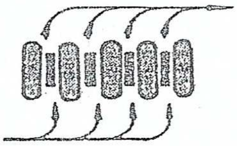


أرصفة أفقية

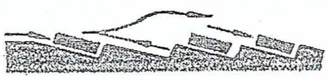


أرصفة مائلة

محطات متوسطة

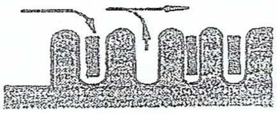


أرصفة رأسية

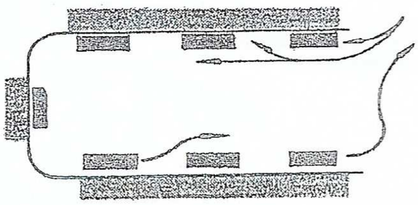


أرصفة جانبية مائلة

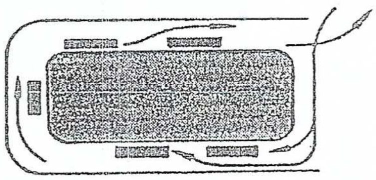
محطات نهائية



محطة صندوقية



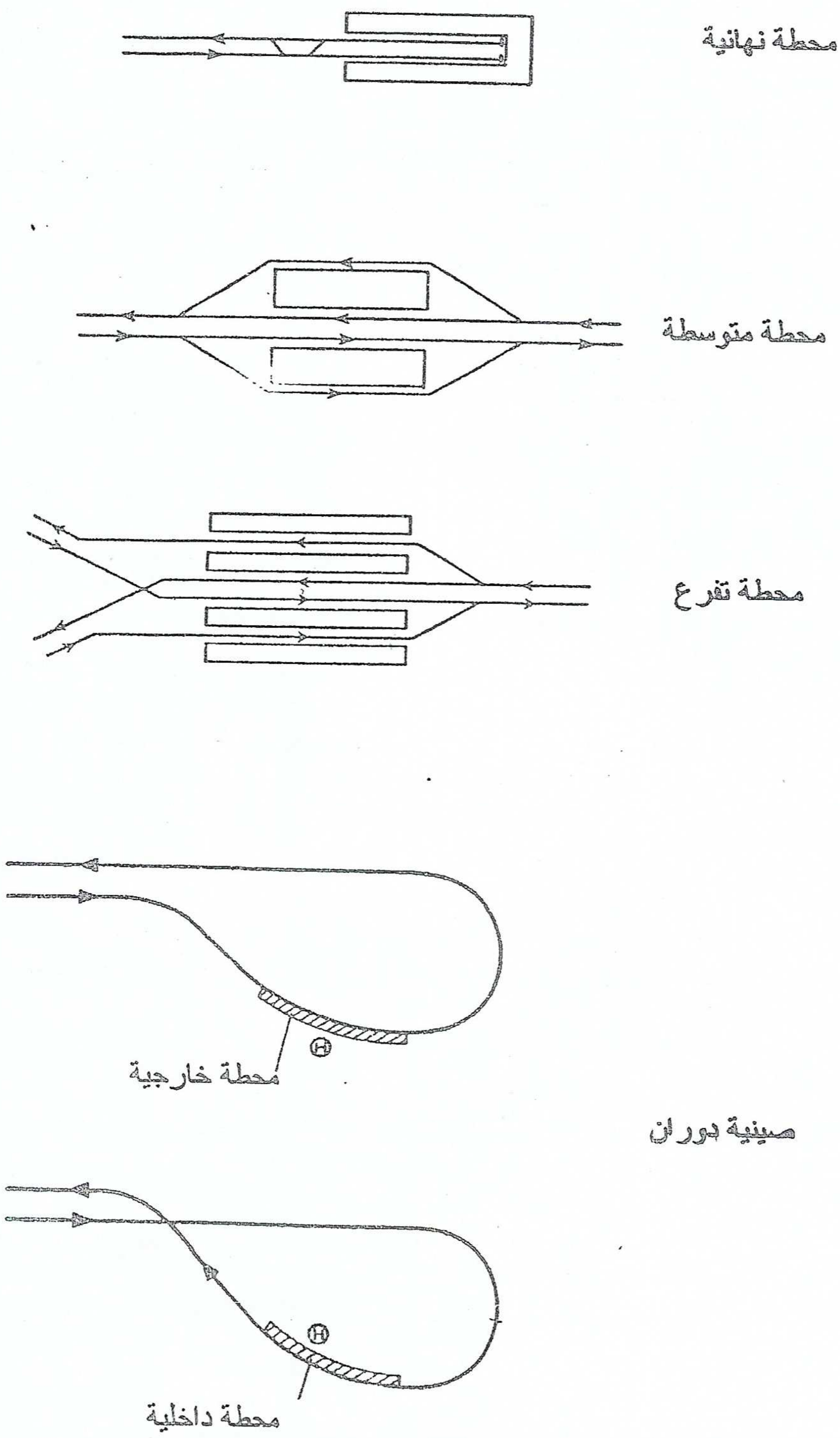
محطة داخلية – أرصفة جانبية



محطة داخلية – رصيف متوسط

شكل ٨ – أ: نماذج محطات الأتوبيس النهائية

ب) محطات الترام



شكل ٨ – ب: نماذج محطات الترام

٨- مبادئ الحركة

Principles of the Operation

٨ -١ تعاريف

سعة الخط Line Capacity: أقصى عدد من وحدات النقل التى يمكن أن تتحرك على الخط فى كل إتجاه خلال فترة زمنية محددة (وحدة نقل/الساعة لكل إتجاه) ، أو أقصى عدد من الركاب يمكن نقله فى كل إتجاه خلال فترة زمنية محددة (راكب/الساعة لكل إتجاه).

فترة التقاطر (شكل ٩- أ) Headway: الفترة الزمنية بين وصول وحدتين نقل متتاليتين فى إتجاه واحد عند نقطة معينة على نفس الخط (دقيقة).

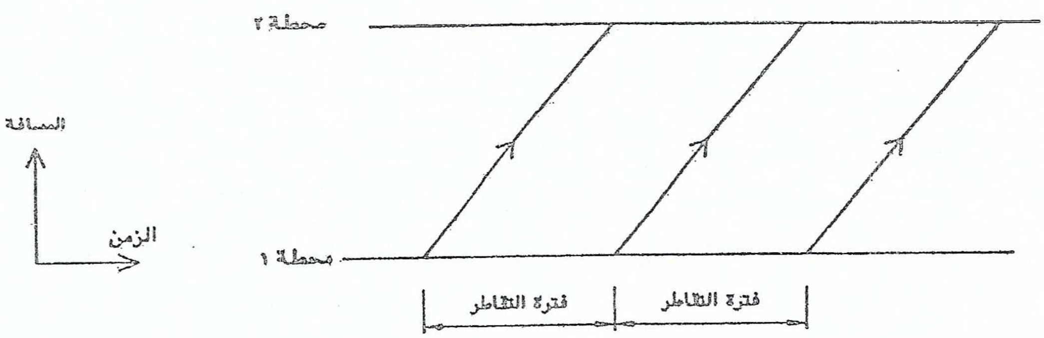
دورة وحدة النقل (شكل ٩- ب) Round-Trip Time: الفترة الزمنية منذ وصول وحدة النقل لإحدى المحطات النهائية ووصولها إلى ذات المحطة مرة أخرى (دقيقة).

زمن الرحلة Journey Time: الزمن الذى يقطعة الراكب من المصدر إلى الهدف أخذاً فى الإعتبار:

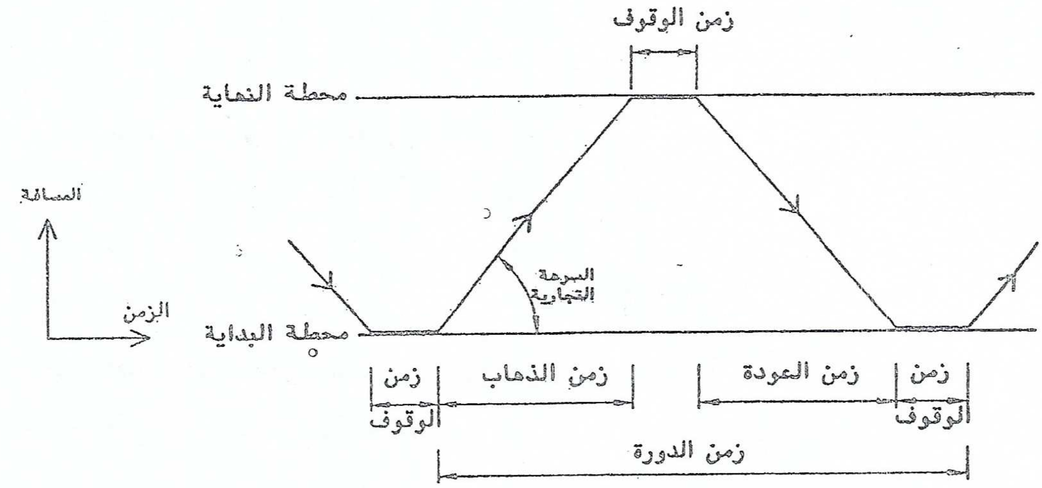
- أزمنة المسير على الأقدام من المصدر إلى محطة النقل العام
- أزمنة الإنتظار عند محطة النقل العام
- زمن تغيير وسيلة النقل أثناء الرحلة (إن حدث ذلك)
- الزمن الذى يكون الراكب فيه داخل وسيلة النقل أثناء الرحلة
- أزمنة المسير على الأقدام من محطة النقل العام إلى الهدف

السرعة: (شكل ١٠) يمكن التمييز بين

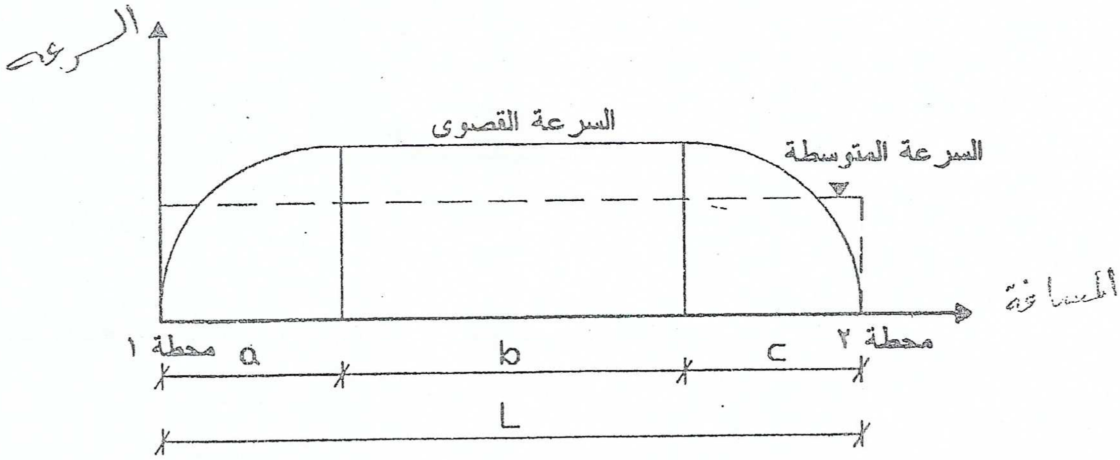
- السرعة التجارية Commercial Speed: مسافة الرحلة كاملة ÷ زمن الرحلة (بما فى ذلك زمن الوقوف فى المحطات المتوسطة)
- سرعة المسير المتوسطة بين محطتين Average Speed: المسافة بين محطتين ÷ زمن قطع وسيلة النقل للمسافة بين المحطتين
- السرعة القصوى Maximum Speed: أقصى سرعة يمكن الوصول إليها على خط ذو تخطيط هندسى محدد بوسيلة نقل محددة القدرة والمواصفات والحمولة
- السرعة التصميمية Design Speed: السرعة التى تم بناء عليها وضع التخطيط الهندسى للمسار (مثل: الإنحدارت، أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية والرأسية)، وتحدد بمعلومية خصائص وحدات النقل المستعملة، أهمية الخط، المسافة بين المحطات.



شكل ٩- أ: فترة التقاطر



شكل ٩- ب: زمن الدورة



شكل ١٠ : العلاقة بين المسافة والسرعة بين المحطتين

حيث a = مسافة التسارع b = مسافة السير بسرعة منتظمة

c = مسافة الفرامل L = المسافة بين المحطة ١ والمحطة ٢

ب- التحكم بنظام البلوك

- إستخدام قطارات ذات سعة أكبر
- زيادة المسافة بين المحطات مع وضع إشارات متوسطة بين المحطات لتقليل طول قسم البلوك
- غلق المزلقانات إن وجدت
- كهربة الخط وإستخدام وحدات سير كهربائية ذات قدرة محرك عالية (إذا ما كان التشغيل الحالى ميكانيكيا)
- التشغيل الأتوماتيكى للتفريعات
- إستخدام نظام البلوك الأتوماتيكى ذو التحكم المركزى
- إزدواج الخطوط المفردة
- تحسين التخطيط الهندسى للمسار (زيادة إنصاف الأقطار، على سبيل المثال)

مدى الإنتفاع من سعة الخط

حساب درجة مشغولية الخطوط The line Load Factor (Utilization Factor)

درجة المشغولية = (متوسط المشغولية الفعلية ÷ السعة) × ١٠٠ (%)

مثال

خط أتوبيس يقع عليه محطات، يتحرك عليه أتوبيسات، سعة الأتوبيس ١٠٠ راكب بفترة تقاطر ١٠ دقائق، أحسب درجة المشغولية فى أحد الاتجاهات إذا علم أن أعداد الركاب فى الساعة صعودا وهبوطا عند كل محطة فى هذا الإتجاه كان كما يلى :

المحطة	صعود (boarding)	هبوط (Alighting)
١	٥٠٠	-
٢	٢٠٠	١٠٠
٣	٣٠٠	٤٠٠
٤	١٠٠	٢٠٠
٥	-	٤٠٠

الحل

المشغولية بين المحطة ١ ، ٢ = ٥٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه

بين المحطة ٢ ، ٣ = ٦٠٠

بين المحطة ٣ ، ٤ = ٥٠٠

بين المحطة ٤ ، ٥ = ٤٠٠

متوسط المشغولية = (٥٠٠ + ٦٠٠ + ٥٠٠ + ٤٠٠) ÷ ٤ = ٥٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه

السعة = (٦٠ × ١٠٠) ÷ ١٠ = ٦٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه

درجة المشغولية = (٥٠٠ ÷ ٦٠٠) × ١٠٠ = ٨٣,٣ %

٨-٣ قدرة نظم النقل

Productivity

Public Transport Capability

يمكن تعريف قدرة نظام النقل بأنه أقصى عدد من الكيلومترات المقطوعة بنظام نقل معين، وفقاً لظروف تشغيل معينة، خلال فترة محددة (وحدة سير. كم / فترة زمنية معينة)

ويمكن التمييز بين:

- القدرة النقلية الإسمية: سعة وحدة النقل (راكب) × عدد وحدات النقل × الكيلومترات المطلوب قطعها فى اليوم أو الشهر أو العام
- القدرة النقلية الفعلية: (نتيجة التشغيل الفعلى) راكب. كم فى اليوم أو الشهر أو العام على جميع وحدات النقل العاملة

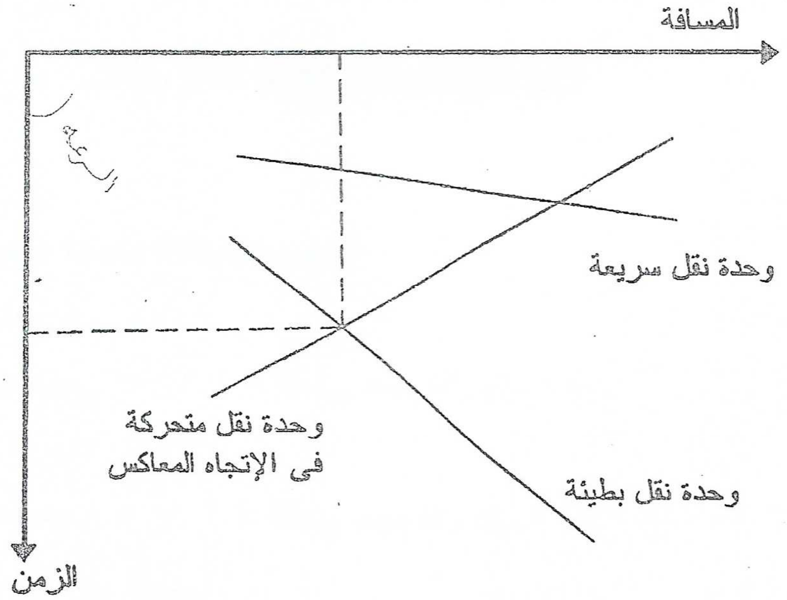
وعلى ذلك تكون

درجة الاستفادة من قدرة نظام نقل معين خلال فترة زمنية محددة = (القدرة الفعلية ÷ القدرة النقلية) × ١٠٠ %

٨-٤ جداول المسير (شكل ١٢)

Timetables

العلاقة بين المسافة والزمن لجميع وحدات النقل المتحركة على خط معين بين المحطات المختلفة.



شكل ١٢: العلاقة بين المسافة والزمن

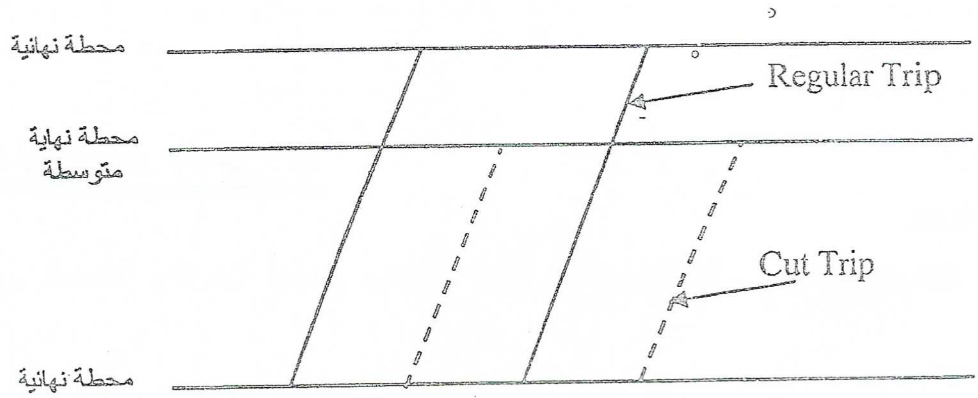
٩- مبادئ التشغيل الإقتصادي على محاور النقل العام

Economic Operation on Public Transport Axes

فى حالة ملاحظة وجود إنخفاض ملحوظ لأحجام النقل على أحد محاور النقل العام بعد محطة متوسطة معينة وإستمرار هذا الإنخفاض حتى نهاية الخط، يمكن إتباع إحدى الطريقتين الأتيتين للحصول على تشغيل إقتصادى:

- زيادة فترة التقاطر بعد هذه المحطة (إنهاء مسير بعض وحدات السير Cut Trips)
- تقليل عدد وحدات النقل بالقطار قبل وصولها لنهاية المحور، وذلك فى حالات الترام ومترو الأنفاق وسكك حديد الضواحى.

شكل رقم ١٣ يوضح الفرق بين Cut & Regular Trips



شكل ١٣: Cut & Regular Trips

معامل الأمان عند حساب أحجام النقل التصميمية

- خلال ساعة الذورة

حجم النقل التصميمى = ١,٦٥ × أقصى حجم نقل نتيجة العد

- خارج ساعة الذروة:

حجم النقل التصميمى = -, ٢ × أقصى حجم نقل نتيجة العد

- خلال ساعات التشغيل الليلى

لكل راكب مقعد

مثال

على إحدى خطوط الأتوبيسات، وجد أن أقصى حجم مرور فى ساعات الذروة ١٠٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، وخارج ساعات الذروة ٤٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، وخلال ساعات التشغيل الليلى ١٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، أحسب فترات التقاطر إذا علم أن سعة الأتوبيس (١٠٠ راكب) ٤٠ مقعد و ٦٠ مكان وقوف.

الحل

فترة التقاطر فى ساعة الذروة = (٦٠ × ١٠٠) ÷ (١٠٠٠ × ١,٦٥) = ٣,٦ دقيقة

فترة التقاطر فى خارج ساعات الذروة = (٦٠ × ١٠٠) ÷ (٤٠٠ × ٢) = ٧,٥ دقيقة

فترة التقاطر فى ساعات التشغيل الليلى = (٦٠ × ٤٠) ÷ ١٠٠ = ٢٤ دقيقة

ملحوظة

يجب مراعاة توفير حوالى ١٠% من متوسط أعداد وحدات النقل العام اللازم تشغيلها يومياً على كل خط كإحتياطى.

مثال

خط ترام، المسافة بين كل محطة وأخرى على المسار ١,٠ كم، السرعة التجارية ٢٤ كم/الساعة، زمن الإنتظار بكل محطة نهائية ٥ دقائق، سعة الترام ٢٣٠ راكب. أعداد الركاب فى الساعة صعوداً وهبوطاً خارج ساعة الذروة موضحة بالجدول التالى:

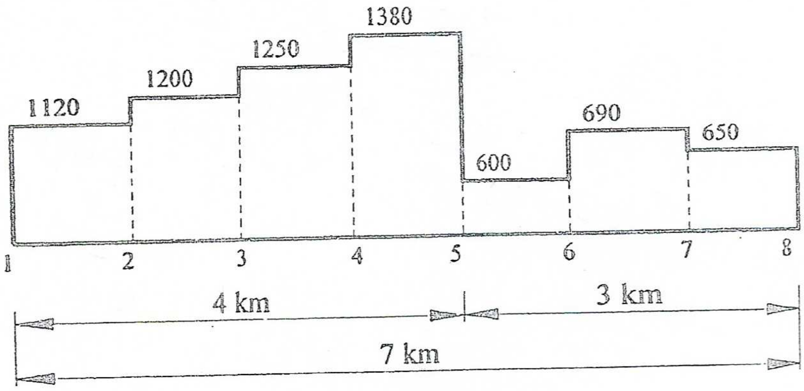
المحطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
صعود	١١٢٠	٤٠٠	٥٠٠	٣٠٠	١١٠	١٠٠	–
هبوط	–	٣٢٠	٤٥٠	١٧٠	٨٩٠	١٠	٤٠

المطلوب: تحديد ثلاث أساليب تشغيل مختلفة على هذا الخط، قارن بين هذه الأساليب من حيث (١) فترة التقاطر (٢) أعداد وحدات السير اللازمة (٣) إجمالى وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه.

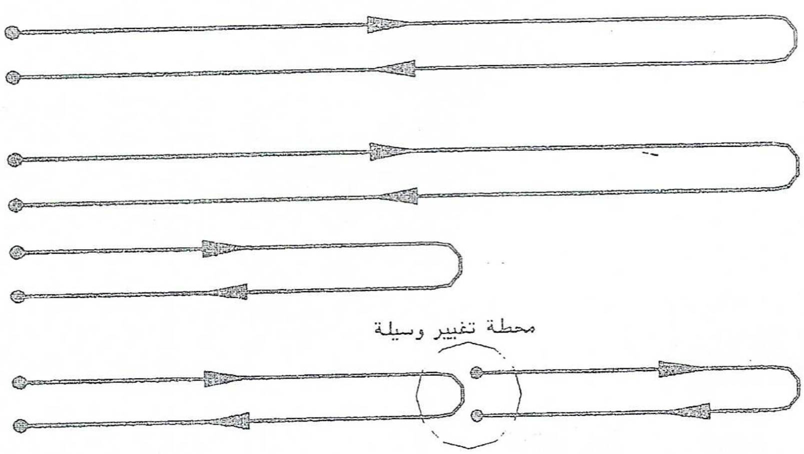
230 × 60 / 2 X

الحل

مشغولية الترام بين كل محطة وأخرى (ركاب/الساعة خارج ساعة الذروة)



المشغولية



الاسلوب الاول
Regular Trips

الاسلوب الثانى
Regular Trips + Cut Trips

الاسلوب الثالث
Cut Trips

الأسلوب الأول: تشغيل الترام بنظام Regular Trips بين المحطتين ١ – ٨

عدد الوحدات خلال مدة ساعة = ٦٠ دقيقة / فترة التقاطر بالدقيقة

فترة التقاطر = ٦٠ × ٢٣٠/(١٣٨٠×٢) = ٥ دقائق

زمن الدورة = ٢ × ((٧ ×٦٠÷٢٤) + ٥) = ٤٥ دقيقة

عدد الوحدات اللازمة = ٤٥ ÷ ٥ = ٩ + ١ إحتياطى = ١٠ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٦٠ × ٧ ÷ ٥ = ٨٤ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

= ٦٠ / فترة التقاطر × طول الخط

الأسلوب الثانى: تشغيل الترام بنظام Regular Trips بين المحطتين ١ – ٨ ونظام Cut Trips بين المحطتين ١ – ٥

<u>أولاً– نظام Cut Trips بين المحطتين ١ – ٥</u>

حجم الحركة = ٦٩٠ راكب/الساعة = ١٣٨٠ – ٦٩٠

فترة التقاطر = ٦٠× ٢٣٠ ÷ (٦٩٠×٢) = ١٠ دقائق

زمن الدورة = ٢ × ((٤ ×٦٠÷٢٤) + ٥) = ٣٠ دقيقة

عدد الوحدات اللازمة = ٣٠ ÷ ١٠ = ٣ + ١ إحتياطى = ٤ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٦٠ × ٤ ÷ ١٠ = ٢٤ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

<u>ثانيا– نظام Regular Trips بين المحطتين ١ – ٨</u>

حجم الحركة = ٦٩٠ راكب فى الساعة

فترة التقاطر = ٦٠× ٢٣٠ / (٦٩٠×٢) = ١٠ دقائق

زمن الدورة = ٢ × ((٧ ×٦٠÷٢٤) + ٥) = ٤٥ دقيقة

عدد الوحدات اللازمة = ٤٥ ÷ ١٠ = ٥ + ١ إحتياطى = ٦ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٦٠ × ٧ ÷ ١٠ = ٤٢ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

الإجمالى

عدد الوحدات اللازمة = ٤ + ٦ = ١٠ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٢٤ + ٤٢ = ٦٦ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

الأسلوب الثالث: تشغيل الترام بنظام Cut Trips بين المحطتين ١ – ٥ ونظام Cut Trips بين المحطتين ٥ – ٨

<u>أولاً– نظام Cut Trips بين المحطتين ١ – ٥</u>

حجم الحركة = ١٣٨٠ راكب فى الساعة

فترة التقاطر = ٦٠ × ٢٣٠÷ (١٣٨٠×٢) = ٥ دقائق

زمن الدورة = ٢((٤ ×٦٠÷٢٤) + ٥) = ٣٠ دقيقة

عدد الوحدات اللازمة = ٣٠ ÷ ٥ = ٦ + ١ إحتياطى = ٧ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٦٠ × ٤ ÷ ٥ = ~~٤٠~~ ٤٨ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

ثانياً- نظام Cut Trips بين المحطتين ٥ – ٨

حجم الحركة = ٦٩٠ راكب فى الساعة

فترة التقاطر = ٦٠× ٢٣٠÷ (٦٩٠×٢) = ١٠ دقائق

زمن الدورة = ٢ × ((٣ ×٦٠÷٢٤) + ٥) = ٢٥ دقيقة

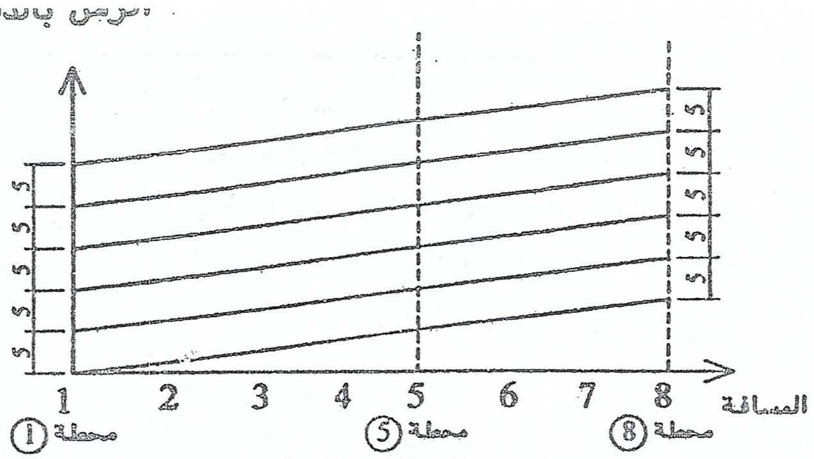
عدد الوحدات اللازمة = ٢٥ ÷ ١٠ = ٣ + ١ إحتياطى = ٤ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ٦٠ × ٣ ÷ ١٠ = ١٨ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه الإجمالى

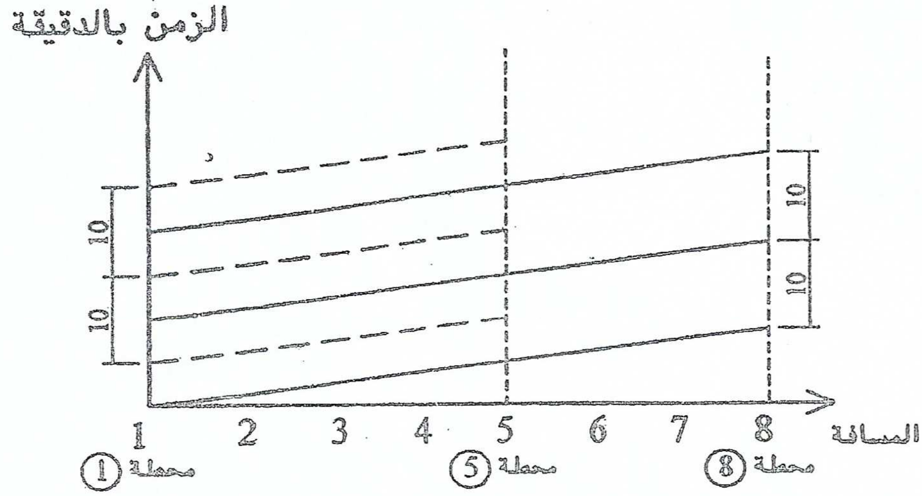
عدد الوحدات اللازمة = ٧ + ٤ = ١١ وحدات ترام

وحدة سير.كم = ~~٤٠~~ + ١٨ = ~~٥٨~~ وحدة سير.كم فى الساعة لكل إتجاه

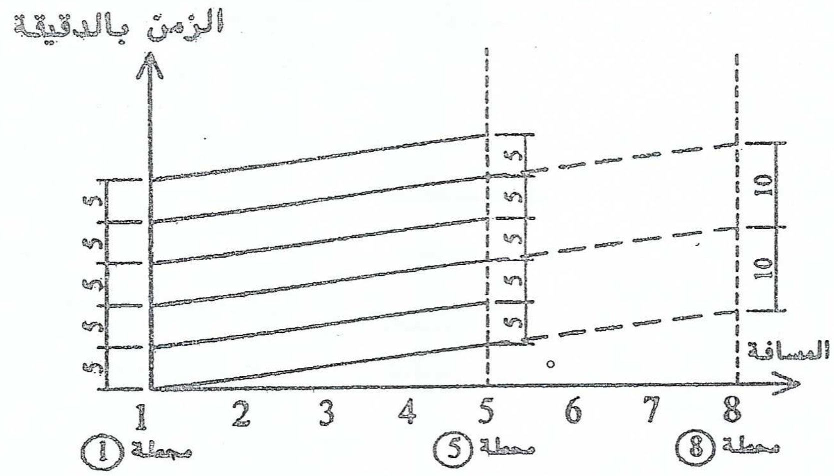
٦٦ ٤٨



الاسلوب الاول
Regular Trips



الاسلوب الثانى
Regular Trips + Cut Trips



الاسلوب الثالث
Cut Trips

تمارين

(١. المطلوب تشغيل خط ترام لربط منطقة سكانية (١٠٠ ألف نسمة) بوسط المدينة. فإذا علم أن سعة الترام ٣٠٠ راكب، وأن المواطن يقطع ١,٥ رحلة فى اليوم الى وسط المدينة، وأن نسبة إستخدام الترام ٥٠ % من الرحلات اليومية، وأن أعداد الرحلات فى ساعة الذروة ١٠ % من أعداد الرحلات اليومية، إحسب زمن التقاطر ساعة الذروة.

(٢. يراد إنشاء مستوطنة سكنية عند نهاية خط ترام يربطها بوسط المدينة كوسيلة النقل العام الوحيدة. أحسب عدد سكان المستوطنة المطلوب إعداد التخطيط العمرانى على أساسه، بفرض أن عدد رحلات المواطنين ٠,٨ رحلة/مواطن/اليوم، نسبة رحلات النقل العام ٣٥ %، سعة الترام ٣٥٠ راكب، حجم النقليات ساعة الذروة ١٠ % من الحجم اليومى، وفترة التقاطر ساعة الذروة ٣ دقائق.

(٣. خط سكة حديد مزدوج، يتراوح زمن قطع القطارات لأقسام البلوك المختلفة عليه بين ١٠ – ١٥ دقيقة. إحسب سعة الخط.

(٤. أحسب السعة القصوى لخط مترو مزدوج يتم تشغيله أتوماتيكيا، وتتحرك عليه القطارات بسرعة متوسطة ٣٥ كم / الساعة. إذا علم أن طول القطار ١٨٠ متر، مسافات الأمان الآزمة = ٢٠٠ متر، مسافة الفرملة = ١٠٠٠ متر.

(٥. إذا علم توزيع حركة الركاب (صعود ونزول) عند كل محطة لخط أتوبيس خلال ساعة الذروة كانت ما يلى:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥
صعود	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠
نزول	—	٥٠	١٥٠	—	١٥٠

خصص لهذا الخط ٤ وحدات أتوبيس سعة الأتوبيس الواحد ١٠٠ راكب، زمن التقاطر ١٢,٥ دقيقة . إحسب مدى الانتفاع من السعة .

(٦. خط ترام طوله ١٠ كم ، سرعة المسير التجارية = ٢٥ كم/الساعة، زمن الإنتظار والدوران بكل محطة نهائية = ٧ دقائق. إحسب سعة الخط القصوى وعدد وحدات الترام اللازم توافرها فى حالة تشغيل الخط بفترة تقاطر ٣ دقائق، بوحدات ترام سعة ١٥٠ مكان جلوس و ٤٥ مكان وقوف. إحسب أيضاً فترات التقاطر لتشغيل الخط فى أحد أيام الأسبوع، إذا علم أن عدد الركاب وفقاً للعد الفعلى كان على النحو التالى: فى ساعة الذروة ٧٢٥٠ راكب/الساعة/الإتجاه، فى خارج ساعة الذروة ٢٥٠٠ راكب/الساعة /الإتجاه، ليلا = ٨٠٠ راكب/الساعة/الاتجاه

(٧) خط ترام طوله ١٠ كم، السرعة التجارية علية ١٥ كم/الساعة، تتحرك عليه وحدات ترام سعة ٢٥٠ راكب، يحوى الخط ٦ محطات متوسطة. تم عد أعداد الركاب عند بعض المحطات ساعة الذروة فكانت كما يلى:

المحطة	صعود	هبوط
١	٢٠٠٠	–
٢	٢٠٠٠	١٠٠٠
٣	١٥٠٠	٥٠٠
٤	١٢٠٠	–
٥	–	٧٠٠
٦	٣٠٠٠	٢٥٠٠
٧	١٥٠٠	٥٠٠

أحسب درجة المشغولية بين المحطات المختلفة للخط، وكذلك أعداد.وحدات الترام اللازم توافرها، إذا تم التشغيل بفترة تقاطر ٣ دقائق خلال ساعة الذروة. أحسب أيضاً أعداد وحدات الترام اللازم توافرها خارج ساعات الذروة إذا علم حجم الحركة يقدر بحوالى ٣٥% من حجم ساعة الذروة، أفرض أن الزمن اللأزم للوقوف بكل محطة نهائية ٥ دقائق ساعة الذروة وخارجها.

(٨) على أحد خطوط الأوتوبيس وجد أن متوسط حجم الحركة خلال ساعات التشغيل ليلى ١٠٠ راكب / الساعة / الاتجاه. أحسب فترة التقاطر وأعداد الأتوبيسات اللازمة ليلاً، إذا علم أن سعة الأتوبيس ٤٥ مقعد بالإضافة إلى ٥٥ مكان وقوف، وأن زمن الدورة ٦٥ دقيقة.

(٩) خط أتوبيس، المسافة بين كل محطة وأخرى علي المسار ١,٥ كم ، السرعة التجارية ١٨ كم/الساعة، زمن الإنتظار بكل محطة نهائية ٥ دقائق. أعداد الركاب (التصميمية) صعوداً وهبوطاً فى ساعة الذروة موضحة بالجدول التالى:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥	[illegible]
صعود	١٥٠	١٥٥	٢٢٠	١٠٩	٧	١
هبوط	صفر	١٠٠	١١٥	١٠	٢٨٠	٥

المطلوب:

أولاً: تحديد ثلاث أساليب تشغيل مختلفة على هذا الخط، وقارن بينها من حيث: (١) أعداد وحدات السير اللازمة، (٢) إجمالى وحدة سير. كم لكل إتجاه، وذلك فى حالة تشغيل أتوبيسات سعة ٤٥ راكب.

ثانياً: إرسم كروكى متقن لجدول المسير للبدائل الثلاث

خط أوتوبيس متوسط المسافة بين كل محطة وأخرى علي المسار ٢,٥ كم ، السرعة التجارية ٢٥ كم/الساعة، زمن الإنتظار بكل محطة نهائية ٨ دقائق. أعداد الركاب (التصميمية) صعوداً وهبوطاً فى الساعة موضحة بالجدول التالى:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥	٦
صعود	٥٠٠	٦٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠	٤٥٠	٢٠٠
هبوط	صفر	٢٠٠	١٤٠٠	٤٠٠	٩٥٠	٥٠٠

المطلوب:

أولاً: إحسب فترة التقاطر لتشغيل أتوبيسات سعة ١٠٠ راكب على طول، إرسم كروكى متقن لجدول المسير

ثانياً: يراد تشغيل أتوبيسات سعة ١٢٠ راكب على طول المسار، وكذلك مينى باص سعة ٤٠ راكب بين المحطات ١ - ٥. إحسب فترات التقاطر وأعداد الأتوبيسات والمينى باص اللازمة. إرسم كروكى لجدول المسير لكل من الأتوبيس والمينى باص.

الباب الثالث

تخطيط النقل والبيئة

تخطيط النقل والبيئة

The Transportation Planning and the Environment

١- مقدمة

البيئة التى نعيش فيها نظام مركب، مكوناته مرتبطة بعضها البعض، "الأرض – الماء – الهواء" هى موارد الإنسان الأساسية، تستعمل وتستهلك لأغراض الحياة المختلفة (فى الإسكان، الصناعية، الزراعية، والنقل) ثم يعاد تنقيتها وإستخدامها مرة أخرى فى نفس الأغراض.

ولما كان من المستحيل زيادة هذه الموارد، أصبح من الضرورى أن يكون لدينا وعيا كافيا بالنسبة للبيئة، نحافظ عليها ونعيد إصلاح ما نفسده منها.

يحتاج الإنسان إلى التنقل، سواء كان ذلك بريا أو مائيا أو جويا، فالنقل أساس التطور الاقتصادى. ولما كان النقل والإقتصاد عاملان متلازمان، فإن أحجام النقل تزداد زيادة سريعة بكافة دول العالم مع إرتفاع مستوى المعيشة. يؤثر ذلك سلبياً على البيئة نتيجة الضوضاء والعوادم.

ومع التطور الإقتصادى المستمر، تزداد ملكية السيارات وإستخدامها، فتزداد أعداد الحوادث ويقل الأمان المرورى، بالإضافة إلى القلق والخوف من وقوع حوادث مرورية فى أى وقت والذى قد يشعر به الإنسان، سواء كمشاه أو راكب سيارات. كما تتعرض المدن للتلوث البصرى الناتج عن الإختناقات المرورية والإنتظار العشوائى للسيارات وكذلك منظر الكبارى العلوية التى قد تنشأ (إعتقاداً أنها تحل مشاكل المرور). وبذلك تفقد المدن طابعها المميز، والهدف الحضرى من نشأتها، وهو أن يعيش فيها الإنسان ويسكن إليها للراحة والهدوء.

كما أن للسيارة الخاصة آثار سلبية أيضا على الإقتصاد القومى (بخلاف تكاليف الحوادث)، فقيمة الوقود والزمن المفقودة أمام إشارات المرور وعند الإختناقات المرورية دون إستفادة حقيقية منها يزيد من سعر السلعة المنقولة، على سبيل المثال فالسلعة التى تباع بجنيه واحد قد يصل سعرها

الحقيقى إلى ٦ جنيهات، إذا أخذ فى الإعتبار تكاليف معالجة تلوث البيئة. بتعبير أخر فإن المجتمع بأسره يقوم بتدعيم أسعار السلع المنقولة على الطرق.

وعلى الرغم من هذه المشاكل، فإن السيارة لا تستخدم داخل المدن إلا لفترات قليلة فى اليوم (قد لا تتجاوز ساعة ونصف فى المتوسط)، وباقى الوقت فى جراجات أو ساحات إنتظار.

ولما كان زيادة أحجام النقل من جهة وحماية البيئة من جهة أخرى مشكلة متناقضة ليس السهل الوصول لحل لها، فإن ذلك يتطلب تفهماً صحيحاً للعلاقة بين الزيادة المرغوب فيها لأحجام المرور والهدف المنشود من أى تخطيط وهو المحافظة على البيئة من التلوث.

٢- الضوضاء

تتولد ضوضاء نتيجة حركة وسائل النقل، سواء على الطرق، أو على الخطوط الحديدية، أو بالمناطق التى تتواجد بها مطارات، وذلك نتيجة حركة المحركات والأجزاء المتحركة، أو أثناء خروج العوادم، وأيضاً نتيجة الإحتكاك بين العجل والطريق.
وإذا وصلت الضوضاء إلى حد الإزعاج، فإن ذلك يؤثر تأثيراً ضاراً على الصحة العامة، على خلايا المخ والجهاز السمعى والعصبى، كما أن الإزعاج يعوق شفاء المرضى، وربما يعرض حياتهم للخطر.

تقاس شدة الضوضاء بأجهزة كهربائية، أصبحت اليوم بسيطة للغاية، وذلك بوحدات الديسيبل dB (A)، وللإحساس بهذه الوحدة نعرض الأمثلة التالية:

مصدر الضوضاء	قيمة ضوضاء (بالديسيبل)	شدة الضوضاء
تصفح جريدة	٢٠	أمان
محادثة	٤٠	
رنين تليفون	٦٠	محتمل
آلة كاتبة	٧٠	
حركة المرور	٨٠	
ترام	٩٠	إزعاج
دراجة بخارية	١٠٠	
دق خوازيق	١١٠	
طائرة جيت	١١٠ - ١٦٠	خطر
ورش سباكة	١٢-١٦٥	

٢-١ شدة الضوضاء

$$L = 10 \times \log \left(I \div I_0 \right) \quad dB \ (A)$$

حيث

- L = شدة الضوضاء بوحدات الديسيبل
- I = ضغط الضوضاء بوحدات (وات /م٢)
- I_0 = ضغط الضوضاء الطبيعى للسمع (١٠^-١٢ وات /م٢)

ملحوظة

إذا كانت أقصى قيمة لضغط الضوضاء التى يمكن أن يتحملها الإنسان = ١ وات / م٢، فإن أقصى قيمة لشدة الضوضاء التى يمكن تحملها

$$L = 10 \times \log \left(1 \div 10^{-12} \right) = 10 \times \log 12 = 120 \quad dB \ (A)$$

القيمة المتوسطة لشدة الضوضاء (شكل ١)

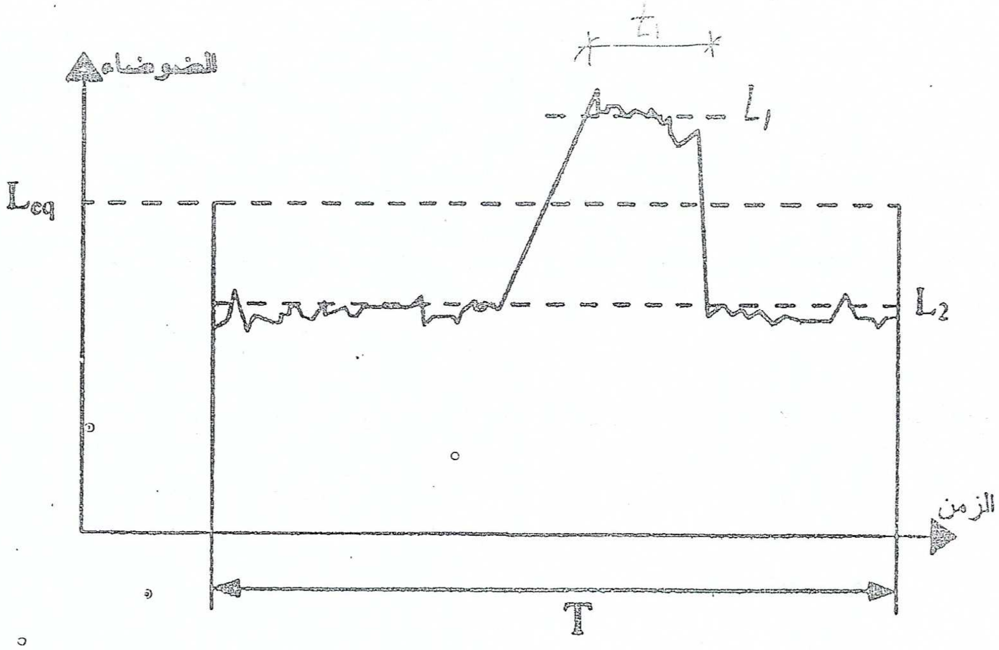
$$L_{eq} = (10 \div 3) \ . \ q \ . \log \left[1/T \ \sum_{i=1}^{n} 10^{\left(3L_i \div 10q \right)} . \ t_i \right] \quad dB \ (A)$$

حيث:

L_{eq} = شدة الضوضاء المتوسطة خلال فترة زمنية T، إذا تم قياس الضوضاء على فترات زمنية عددها n

L_i = شدة الضوضاء خلال الفترة الزمنية t_i $(i = 1 \rightarrow n)$

q = الضوضاء الثابتة للمنطقة



شكل ١ : حساب شدة الضوضاء المتوسطة

مثال

معطيات

$t_2 = T - t_1$

$T = 1800''$ $\quad t_1 = 10''$ $\quad t_2 = 1800 - 10 = 1790''$

$L_1 = 80 \; dB(A)$ $\quad L_2 = 40 \; dB(A)$ $\quad q = 4 \; dB(A)$

$$I_{eq} = (10 \div 3) \times 4 \times \log \left[1/1800 \sum 10^{(3L_i/10 \times 4)} \cdot t_i \right] \quad dB(A)$$

$L_{eq} = 51 \quad dB(A)$

تقدير شدة الضوضاء بإستخدام النماذج الرياضية

يمكن تقدير تأثير الضوضاء الناتجة عن حركة المرور على طريق معين بإستخدام نماذج رياضية، يتم معايرتها وفقاً للظروف الخاصة بمنطقة الدراسة، وكذلك حالة نوعيات وحدات السير التي تتسبب في الضوضاء. وفيما يلي عرض لأحد هذه النماذج:

متوسط شدة الضوضاء الأساسية الناتجة عن طريق حجم المرور عليه Q (وحدة سير في اليوم)، اليوم = ١٨ ساعة، وذلك على مبنى يبعد عن الطريق بمسافة ١٠ متر:

$$L\,(18h) = 28.1 + (10 \times \mathrm{Log}\,Q) \qquad dB(A)$$

متوسط شدة الضوضاء الأساسية في الساعة، الناتجة عن طريق حجم المرور عليه q وحدة سير في الساعة، وذلك على مبنى يبعد عن الطريق بمسافة ١٠ متر:

$$L\,(hourly) = 42.1 + (10 \times \mathrm{Log}\,q) \qquad dB(A)$$

المعادلات السابقة يمكن تطبيقها إذا كانت السرعة المتوسطة على الطريق ٧٥كم / الساعة ونسبة النقل الثقيل صفر في المائة، أما إذا كانت السرعة المتوسطة ونسبة النقل الثقيل مختلفة عن هذه القيم فيمكن حساب قيمة التصحيح اللازمة على النحو التالي:

$$\text{Correction (1)} = 33 \log \{V + 40 + (500 \div V)\} + 10 \log \{1 + (5 \times P \div V)\} - 68.8 \;\; dB(A)$$

حيث

V = سرعة المرور المتوسطة (كم / الساعة)

P = نسبة النقل الثقيل %

كما يمكن حساب شدة الضوضاء عند أي نقطة على مبنى يطل على مصدر الضوضاء (الطريق) بإستخدام قيمة التصحيح التالية:

$$\text{Correction (2)} = 10 \log (d \div 13.5) \quad dB(A)$$

حيث

d = المسافة على المائل من مصدر الضوضاء إلى أي نقطة رأسية في مبنى يطل على الطريق.

هذا ويضاف إلى التصحيحات السابقة ما يسمى (بتصحيح الإنعكاس)، ويمثل تأثير الضوضاء الناتجة عن إنعكاس موجات الضوضاء الغير مباشرة وتبلغ قيمتها حوالي + ٢,٥ ديسيبل.

$$\text{Correction (3)} = +2.5 \; dB(A)$$

مثال

طريق حجم المرور اليومي عليه ١٥٠٠٠ وحدة سير، تترك بسرعة متوسطة ٦٠ كم / الساعة، إحسب شدة الضوضاء المتوسطة عند نقطة على واجهة منزل يطل على الطريق ويبتعد عنه بمسافة ٤٥ م، إذا علم أن نسبة النقل الثقيل ٤٠% وإن النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء عندها ترتفع بمسافة ٢ م عن مستوى الطريق.

L (18 h) = 28.1 + 10 Log 15000 = 69.9 dB(A)

Correction (1) = 33 log {60 + 40 + (500 ÷ 60)} + 10 log {1 + (5 × 40 ÷ 60)} – 68.8
= + 4.7 dB(A)

Correction (2) = 10 log (45.05 ÷ 13.5) = - 5.2 dB(A)

Correction (3) = + 2.5 dB(A)

L (18 h) = 69.9 + 4.7 – 5.2 + 2.5 = 71.9 dB(A)

٢-٢ العوامل المؤثرة على شدة الضوضاء

أولاً - حركة إنسياب المرور (حجم المرور – سرعة إنسياب المرور – تركيبة المرور – نسبة النقل الثقيل)

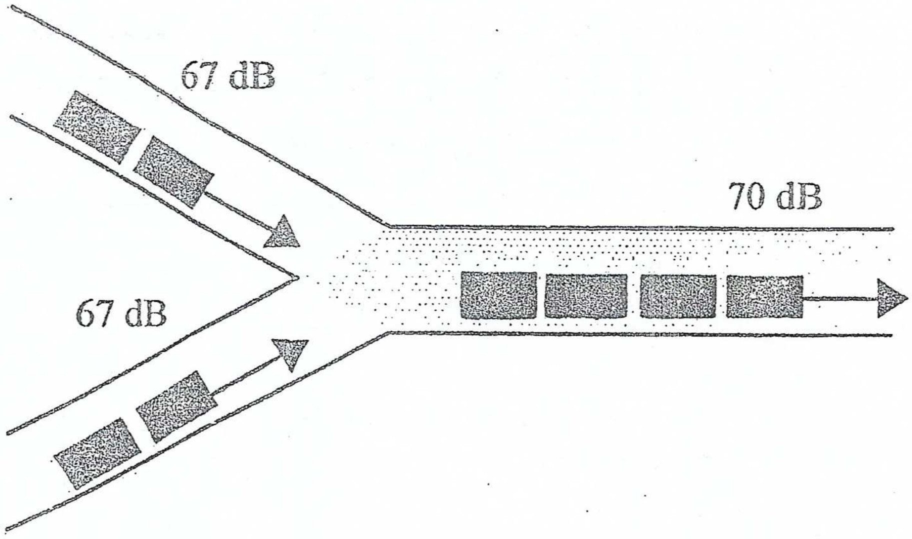
ثانياً - موقع المباني المطلة على مصدر الضوضاء، وكذلك إرتفاع النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء عندها

ثالثاً - نوع الرصف

أولاً- شدة الضوضاء وحركة إنسياب المرور

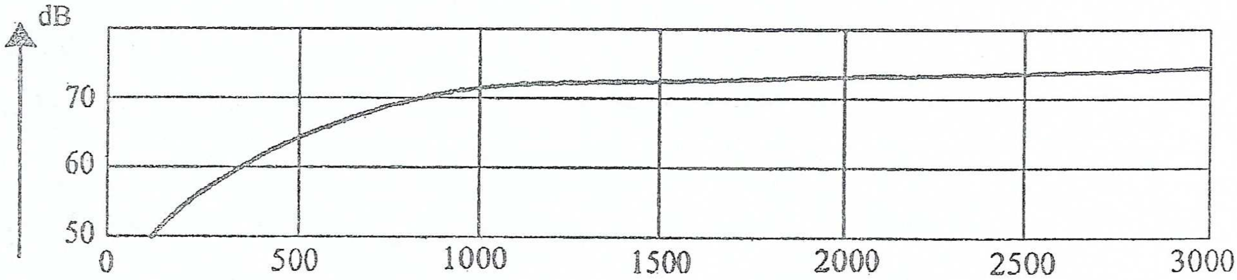
شكل رقم ٢ يوضح العلاقة بين حجم المرور وشدة الضوضاء (كمثال) ويلاحظ أن زيادة حجم المرور على طريق إلى الضعف يؤدي الى زيادة قيمة الضوضاء بمقدار ٣ ديسبل فقط.

إن قيم شدة الضوضاء لاتجمع، فزيادة عدد وحدات السير عشر مرات يتسبب في زيادة قيمة شدة الضوضاء بمقدار ١٠ ديسيبل. هذا وإذا إرتفعت قيمة شدة الضوضاء بمقدار ١٠ ديسيبل فإن إحساس الإنسان بالضوضاء يتضاعف.



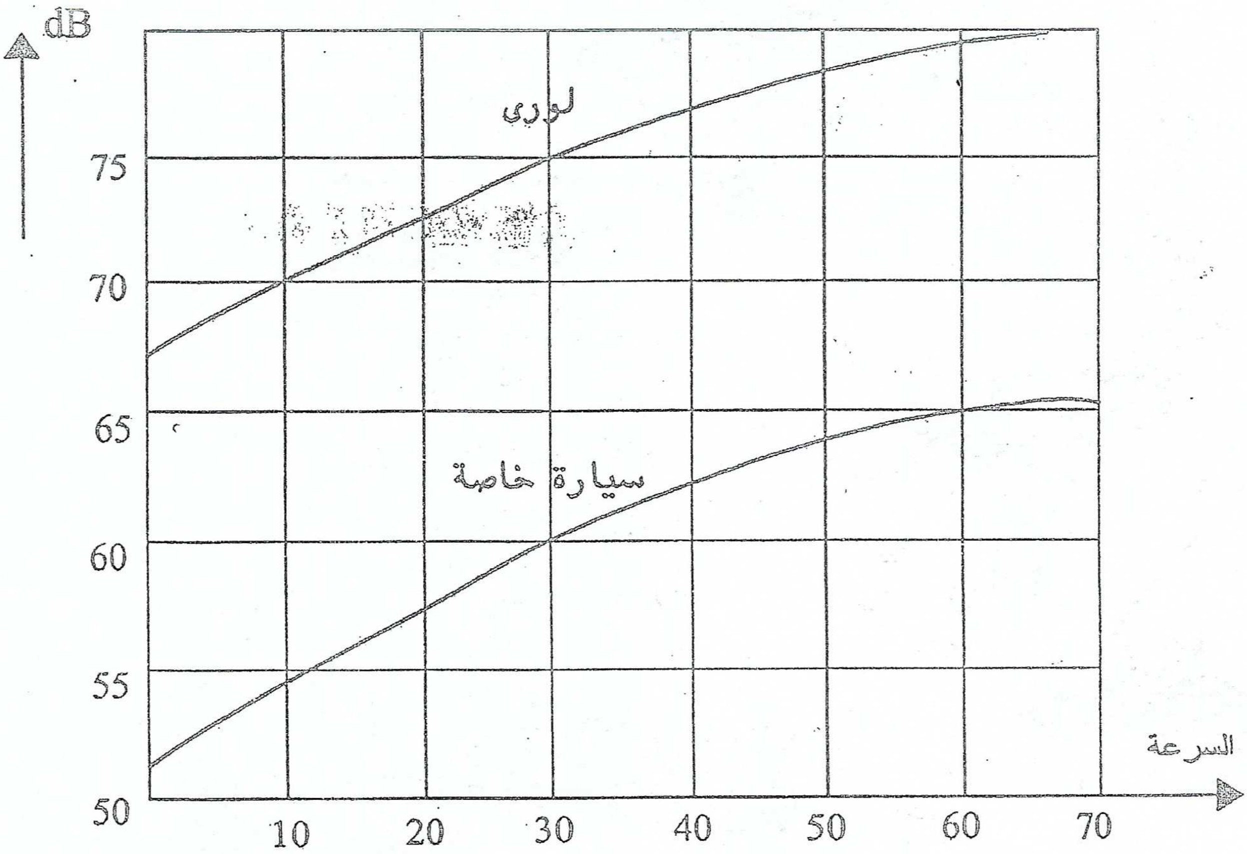
شكل ٢ : مضاعفة حجم المرور يؤدي الى زيادة قيمة الضوضاء بمقدار ٣ ديسبل

شكل رقم ٣ يبين العلاقة بين شدة الضوضاء وحجم المرور (وحدة سير / الساعة)، يلاحظ أن شدة الضوضاء تتزايد مضطردة مع زيادة حجم المرور وحتى ١٥٠٠ وحدة سير / الساعة تقريبا ، بعد ذلك تتزايد شدة الضوضاء بمعدلات بسيطة.



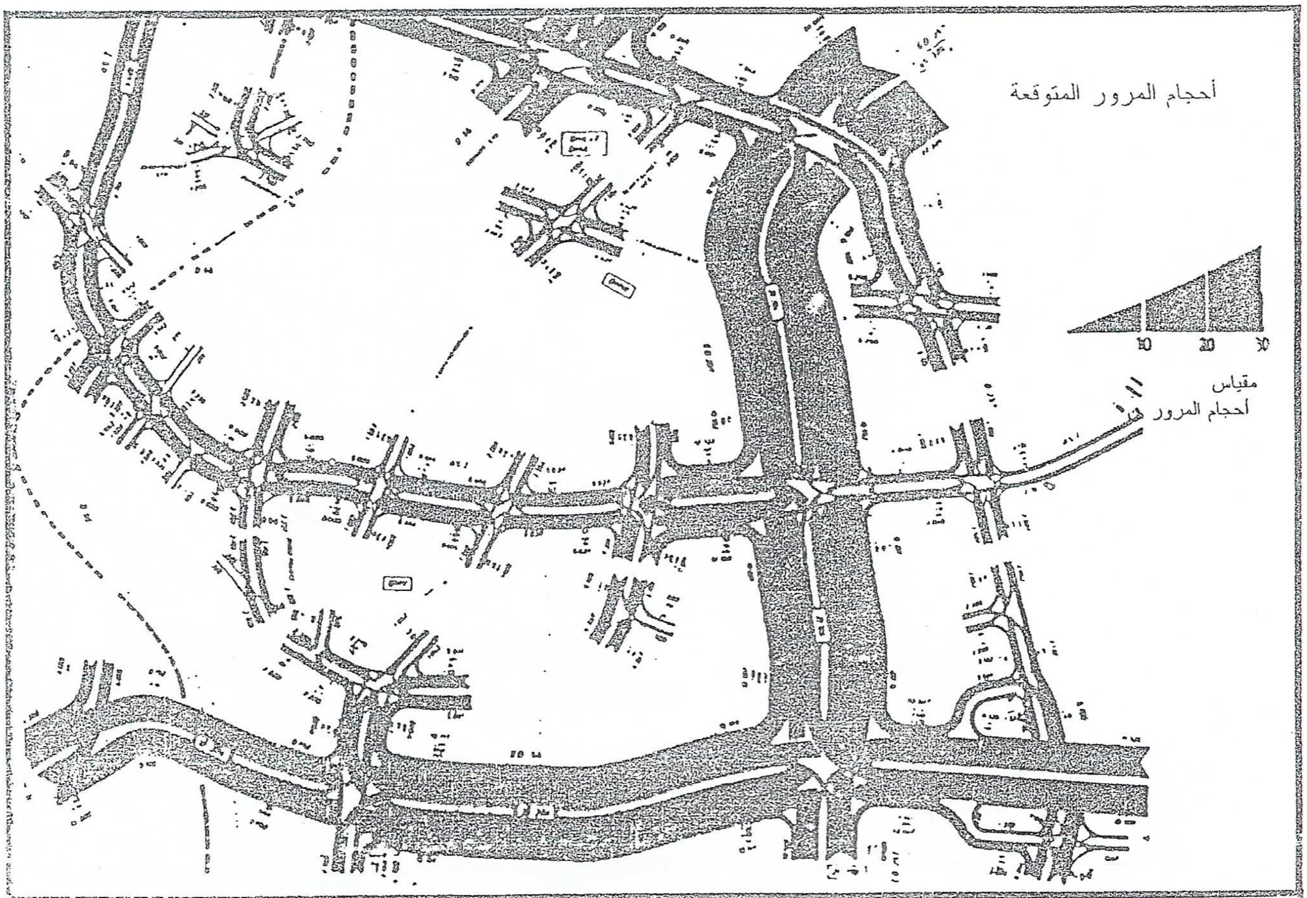
شكل ٣: العلاقة بين شدة الضوضاء وأحجام المرور (وحدة سير/الساعة)

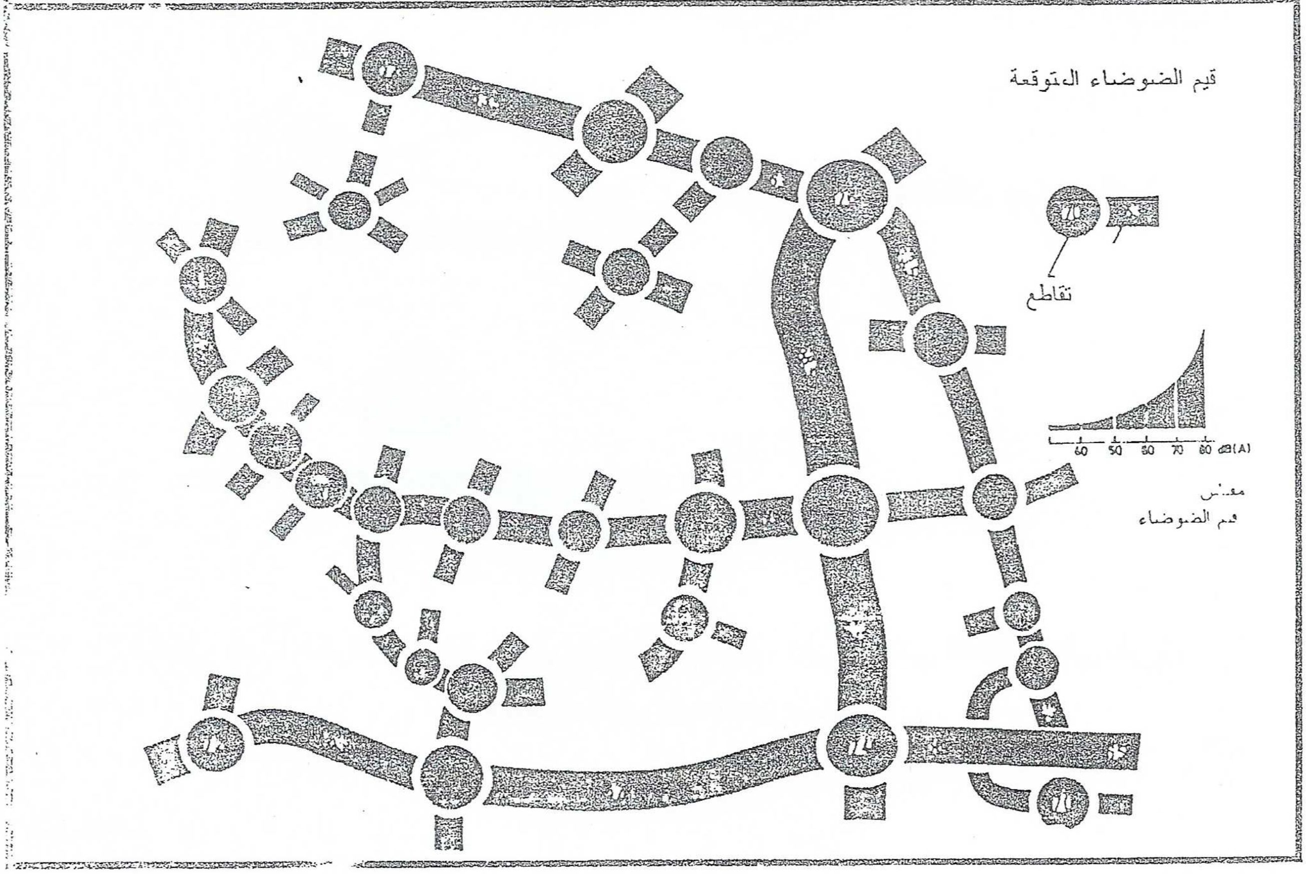
شكل رقم ٤ يوضح العلاقة بين شدة الضوضاء وسرعة إنسياب المرور وذلك لكل من لورى وسيارة خاصة . هذا وقد أوضحت الدراسات أنه فى حالة سرعات أقل من ٧٠ كم / الساعة تنتج الضوضاء أساسا من محرك السيارة، أما فى حالة سرعات أعلى من ٧٠ كم / الساعة فإن الضوضاء تتولد عن محرك السيارة وإحتكاك العجل مع الطريق.



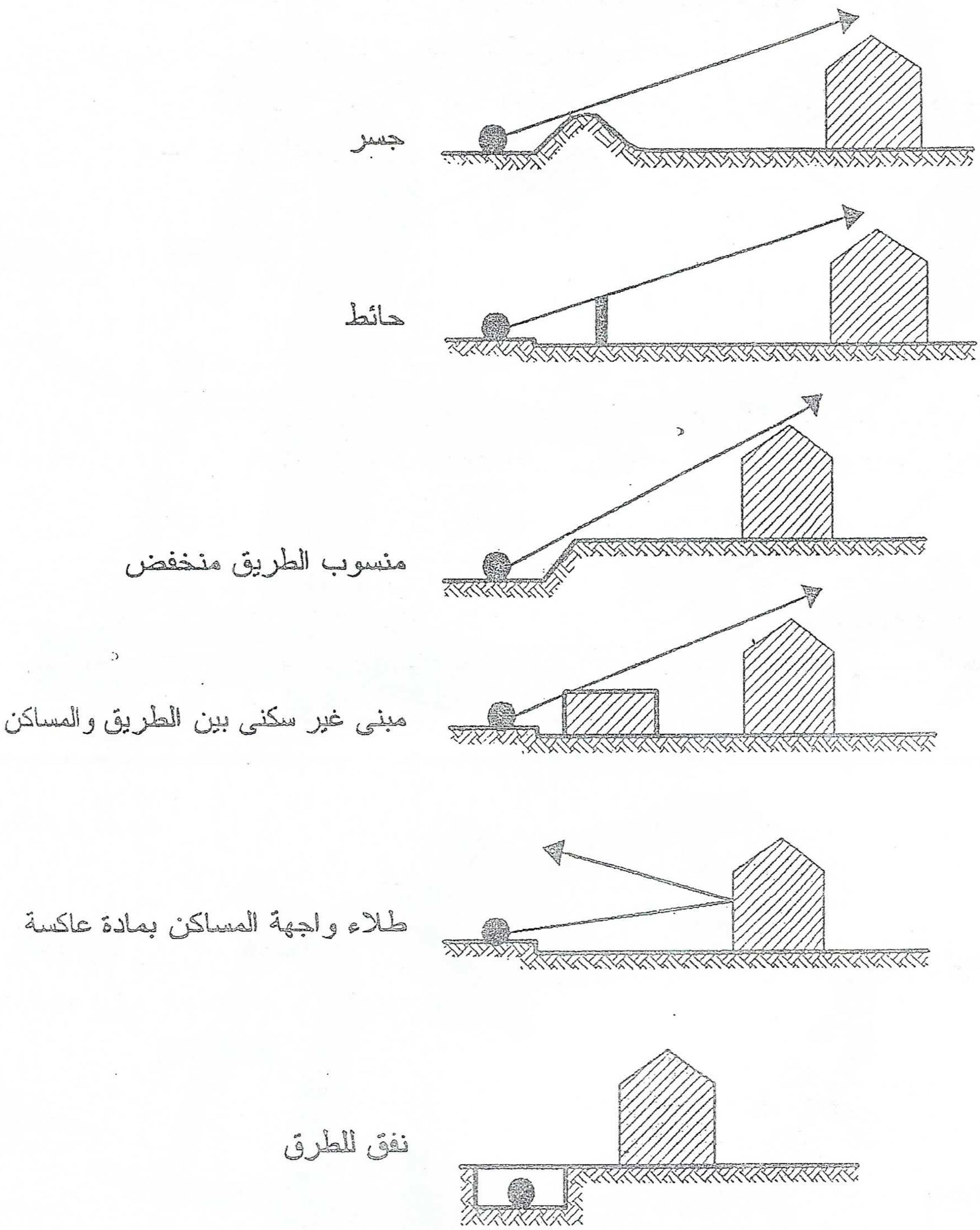
شكل ٤: العلاقة بين شدة الضوضاء وسرعة إنسياب المرور

بناء على أحجام المرور (بالإضافة إلى العوامل الأخرى فإنه يمكن إعداد خرائط للضوضاء والتى تبين توزيع قيم شدة الضوضاء بمدينة ما (على كل طريق وعند التقاطعات)، كما هوموضح بالشكل رقم ٥ كمثال.





شكل ٥ : خرائط الضوضاء على شبكة طرق وفقا لأحجام المرور



شكل ٦-د: العوامل المؤثرة على شدة الضوضاء على المبانى المطلة على طريق
- أساليب تقليل شدة الضوضاء -

ملاحظات

- منذ بداية الثمانينات بدأت بعض المدن فى تنفيذ مشاريع هندسية بهدف تهدئة المرور خاصة بالمناطق السكنية أو مراكز المدن (يراجع فى ذلك الباب الخامس: هندسة المرور).

• نظراً للإهتمام العالمى بالتوسع فى إستخدام السكك الحديدية داخل المدن وخارجها، فقد نجحت الصناعة فى إنتاج عربات السكك الحديدية ذات الضوضاء القليلة، ووضع المواصفات الفنية لحوائط منع الضوضاء والتى تنشأ على إمتداد الخطوط الحديدية لتقليل تأثير الضوضاء على المبانى المجاورة.

ثالثاً- شدة الضوضاء ونوع الرصف

لا يتولد عن الرصف الأسفلتى الجاف أي قيم ضوضاء إضافية عن القيم التى يمكن حسابها من المعادلات سابقة الذكر، على عكس الرصف الخرسانى الذى يزيد قيمة الضوضاء بمقدار ٥ ديسيبل تقريباً عن قيمة الضوضاء الناتجة عن حركة إنسياب المرور على طريق أسفلتي .

أما فى حالة وجود أمطار على الطريق (أو مياه من مصدر آخر) فإن قيمة الضوضاء تزداد بمقدار ١٣ ديسيبل تقريباً عن قيمة الضوضاء الناتجة عن حركة المرور، سواء كان رصف أسفلتي أو رصف خرساني.

٢-٣ شدة الضوضاء المسموح بها

الجدول التالى يعرض قيم الضوضاء التصميمية المسموح بها ببعض المدن الأوربية (كمثال)، وفقاً لنوعية إستخدامات الأراضى داخل المدن:

نوع الإستخدام	قيم الضوضاء بوحدات الديسيبل	
	نهاراً	ليلاً
مناطق سكينية	٦٠	٥٠
وسط المدينة	٦٥	٦٠
مناطق إسكان / إستخدامات أخرى	٧٠	٦٥
المناطق الصناعية	٧٥	٦٥

إذا أراد المخطط أن يقلل شدة الضوضاء على المبانى المطلة على طريق سريع بإسلوب زيادة المسافة بين الطريق والمبانى، فيمكن إستخدام الجدول التالي والذى يبين القيمة المطلوب تخفيضها من الضوضاء والبعد اللازم توافره بين الطريق والمبانى المجاورة.

القيمة المطلوب تخفيضها بالديسيبل	١٠	١٥	٢٠	٢٥
البعد بالمتر فى حالة أرض مسطحة بين المبانى والطريق	١٠٠	١٢٥	٣٠٠	٤٠٠
البعد بالمتر فى حالة أرض مزروعة بأشجار بين المبانى والطريق	-	٨٠	١١٠	١٥٠

إذا أراد المخطط أن يقلل شدة الضوضاء على المبانى المطلة على طريق سريع بإسلوب إنشاء حائط عاكس أو جسر، فيمكن إستخدام الجدول التالي والذى يبين القيمة المطلوب تخفيضها من الضوضاء وإرتفاع الحائط العاكس أو الجسر.

القيمة المطلوب تخفيضها (بالديسبيل)	٦	١٠	١٤	١٦	١٨
إرتفاع الجسر أو الحائط (بالمتر)	١	٢	٣	٤	٥

٣- العوادم Emissions

٣-١ التركيب الكيمائى للعوادم وأثره

الهواء الذى نعيش فيه مركب كيمائى معقد. وقد يحدث تغييراً فى التركيب الكيمائي للهواء إما بفعل البراكين، أو نتيجة أنشطة الإنسان المختلفة. فى قطاع النقل، ليست فقط العوادم الناتجة عن إحتراق الوقود بمحرك وسائل النقل هى المصدر الوحيد للتلوث، بل يحدث التلوث أيضاً نتيجة الإحتكاك بين الإطارات والطريق (تآكل الإطارات)، وكذلك نتيجة الغبار المتولد عن حركة وسائل النقل على الطرق.

نتيجة إحتراق الوقود بالمحركات يتولد حوالي ١٦٠ مركب كيمائي، يتوقف نوعها وكميتها على نوع المحرك وقدرته وحالته، وكذلك نوع الوقود المستخدم . فمثلاً المحركات البنزين تنتج عنها عناصر ومركبات كيمائية أهمها ثاني أكسيد الكربون، أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات، أول أكسيد النتروجين، والرصاص. أما المحركات الديزل، فيتولد عنها فى المقام الأول ثانى أكسيد الكربون، الدخان، والكربون.

ويمكن تقسيم العناصر والمركبات الكيميائية التي تتكون منها العوادم إلى نوعين، النوع الأول له تأثير سام على الإنسان والحيوان والنبات، كما يعرض البيئة إلى التلوث البصري، والنوع الثاني ويسمى غازات الصوبة Greenhouse Gases ويؤدي إلى رفع درجات حرارة الجو وإرتفاع مستوى المحيطات والبحار والأنهار، بالإضافة إلى تلوث مياه الأمطار مما يؤثر سلبياً على الإنتاج الزراعى.

التأثير السام من العوادم ينتج أساسا عن أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات، الرصاص، أكسيد النتروجين، الكربون والدخان.

بصفة عامة، يحدث التأثير السام عند زيادة تركيز المركبات الكيمائية المحدثة للتسمم، إلا أن الكيميات الناتجة عن العوادم قليلة نسبياً، وبالتالي فإن تأثيرها يظهر بعد فترة زمنية.

فمثلا أول أكسيد الكربون (يحل محل الأكسجين فى الدم)، إذا وصل إلى الدم فإنه يؤدى إلى تقليل نشاط الإنسان وضعف تركيزة حيث أنه يسبب إضطراب فى الدورة الدموية . كما أن له تأثير ضار على المخ وعضلات القلب، وقد يتسبب فى إصابة الإنسان بالسكتة القلبية على المدى الطويل.

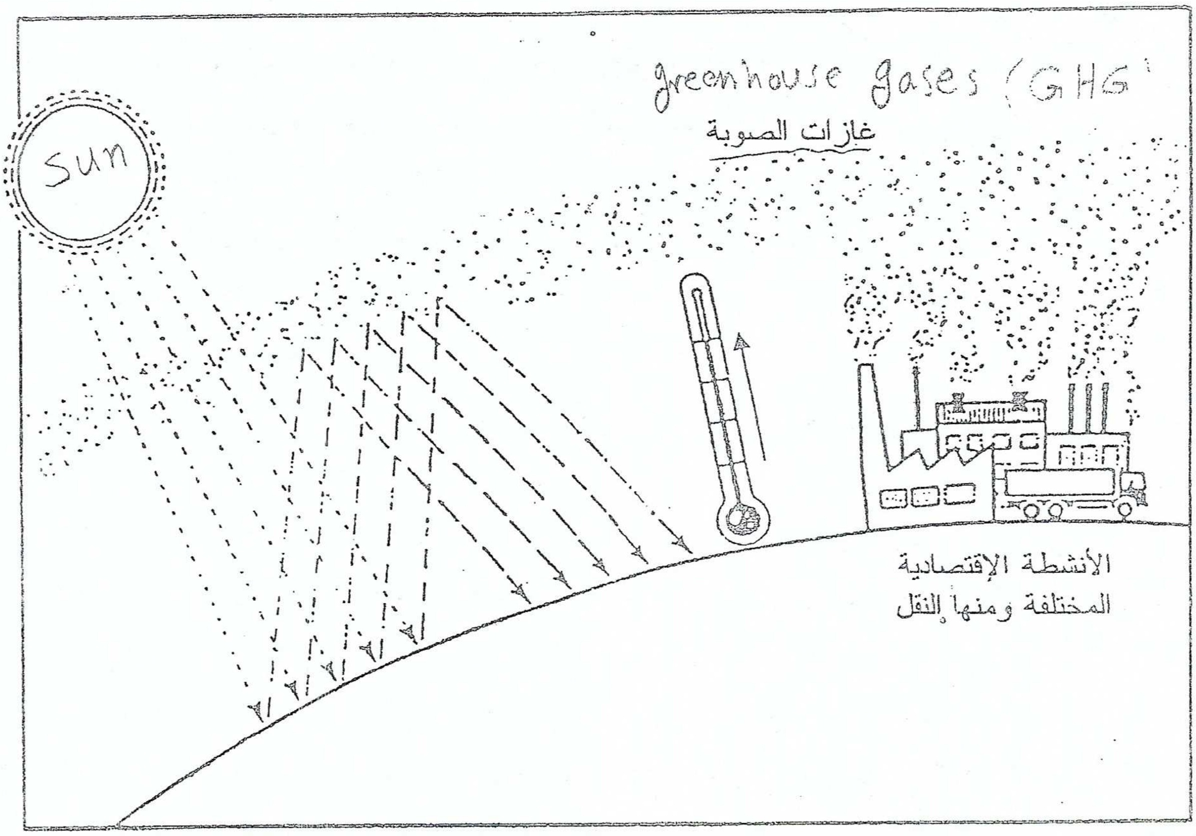
الهيدروكربونات (تتفاعل مع أكاسيد النتروجين فى ضوء الشمس وتكون الأوزن)، تتسبب فى إصابة الجهاز التنفسي والرئة بأمراض السرطان، كما أنها قد تصيب الإنسان بأمراض الحساسية وخاصة بالعيون.

الرصاص، يحصل عليه الإنسان بسهولة عن طريق الجهاز التنفسي، إلا أن التخلص منه ليس بنفس السهولة . حوالي ٩٠% من الرصاص الذى يدخل جسم الإنسان يخزن في العظام. الرصاص يضر أيضا الرئة وقد يكون سببا فى الإصابة بأمراض السرطان. كما يؤدى الرصاص إلى شعور الإنسان بالإرهاق ويحدث التهاب بالجهاز العصبي .

أكسيد النتروجين (تتفاعل مع الماء لتكون حمض النتريك)، يتولد عن إحتراق الوقود عند درجات الحرارة العالية، ويؤثر على الدورة الدموية ونقل الدم للأكسجين. كما أنه يقلل من مناعة الرئة، وقد يؤدى إلى إلتهاب الجهاز التنفسي وإلتهاب اللثة والأسنان.

الكربون والدخان، تأثيرها محدود على الصحة العامة، إلا أن ضررها المباشر يظهر فى صورة تلوث المبانى والألوان وتغيير لون الهواء مما قد يؤدى إلى صعوبة الرؤية.

المركبات الكيمائية لغازات الصوبة وأهمها ثاني أكسيد الكربون، فلها تأثير ضار على المناخ ، فهي تكون سحابة حول الكرة الأرضية يختلف سمكها وإرتفاعها عن سطح الأرض وفقا لكميات هذه المركبات. هذه السحابة تسمح لأشعة الشمس بالمرور إلى الأرض ولا تسمح لانعكاسات هذه الأشعة بإختراقها (مثل صوبة النباتات)، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الجو (شكل ٧). أوضحت الدراسات أن متوسط حرارة الجو إرتفعت ٢ درجة حرارة مئوية فى الآونة الأخيرة.



شكل ٧: تأثير غازات الصوبة

٣-٢ تقليل كميات العوادم

مجهودات ضخمة تبذل في مجال تقليل كميات العوادم الناتجة عن النقل، إلا أن النتيجة ما زالت غير مرضية . وهذه المجهودات يمكن إيجازها على النحو التالي:

أولاً- تسعى الصناعة إلى إنتاج محركات ذات إستهلاك أقل للوقود، ففى المحرك يضيع جزء من الطاقة نتيجة الإحتكاك ونقل الحركة والحرارة المبددة. وقد تم التوصل إلى نتائج طيبة، منها الحقن المباشر للمحرك حيث يمزج الوقود والهواء مباشرة فى حجرة الإحتراق قرب شمعة الإشتعال. ولتقليل الطاقة المفقودة بصندوق التروس يتم حالياً نقل الحركة أتوماتيكيا بواسطة سير ناقل بدلاً من زيادة عدد تروس نقل السرعة.

ثانياً- تتبارى الشركات المنتجة للسيارات فى تعديل التصميم الخارجى للسيارات لخفض وزنها وزيادة الفراغات الداخلية بها، وأيضاً بتطوير الشكل الإنسيابى لها بهدف تقليل الطاقة المفقودة للتغلب على مقاومة الهواء.

ثالثاً- تركيب مرشح للعوادم داخل المحرك، يتم عن طريقه تحويل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين (التى تحويها العوادم) إلى ثانى أكسيد الكربون ونتروجين وماء.

رابعاً- تم إنتاج السيارات الصغيرة City Car ذات الإستهلاك القليل للطاقة (أقل من ٥ لتر/١٠٠ كم)

خامساً- تسعى الصناعة إلى تحسين نوعية الوقود، ونجحت في إنتاج البنزين الخال من الرصاص. كما أوضحت الدراسات النظرية أن إضافة مواد كيمائية معينة للوقود بمحركات الديزل يمكن أن يقلل من معدلات الدخان والكربون الناتج مع العوادم.

سادساً- تهتم الصناعة بإستخدام الهيدروجين كوقود بديل، حيث أنه لا يتولد عن إنتاجه أو إحتراقه أى كمية من ثانى أكسيد الكربون. إلا أن مشاكل الهيدروجين عديدة، منها إنخفاض معدل التسارع وصعوبة التخزين والتوزيع، هذا بالإضافة إلى التكاليف الباهظة لإنتاجه.

سابعاً- أما بالنسبة لإستخدام الغاز الطبيعي كوقود بديل، فقد تم تحويل بعض السيارات فى بعض الدول لتعمل بالغاز الطبيعى، حيث يمكن إستغلاله بكفاءة عالية، كما أن غازات الصوبة الناتجة عن إحتراقه تقل بحوالى ٢٠ % عن ذات الغازات الناتجة عن إحتراق البنزين. إلا أن تخزين الغاز الطبيعى يجب أن يتم تحت ضغط عال فى خزانات ثقيلة وكبيرة. كما أن نظم التوزيع الحالية بمحطات تزويد وسائل النقل بالوقود صممت أساساً للتعامل مع الوقود السائل، وتحتاج إلى تعديلات أساسية للتعامل مع الغاز الطبيعى.

ثامناً- ما زالت المجهودات تبذل من أجل إنتاج السيارة الكهربائية التى تعمل ببطاريات كهربائية ذات قدرة كبيرة، ولكن إستخدامها سوف يكون منحصراً على المدن الصغيرة، بسبب عدم إمكانية قطع مسافات طويلة دون إعادة شحن البطاريات وذلك يحتاج لوقت طويل. ومن مميزات السيارة الكهربائية أنها تعمل بهدوء ولا يصدر عنها أى عوادم.

تاسعاً- لا توجد أى بيانات عن نجاح الأبحاث فى مجال إنتاج سيارة تعمل بالطاقة الشمسية بسبب مشاكل تخزين الطاقة الشمسية بالسيارة لفترة زمنية معقولة.

عاشراً- للإستفادة من القدرة والنظافة التى تجمع بين البنزين والكهرباء، فقد تم تصميم سيارة إختبار ذات محرك ديزل وأخر كهربائى، ونظام أتوماتيكى يربط المحركين، عند بدء التسارع يعمل المحرك الكهربائى ويعطى القدرة الدافعة، وعند زيادة التسارع عن حد معين يعمل المحرك الديزل أتوماتيكياً لتوفير الطاقة اللازمة للحركة، بينما يعمل المحرك الكهربائى لإعادة شحن البطارية. كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن هذه السيارة تقل ٦٠ % عن الكمية الناتجة عن السيارة الديزل.

بالإضافة إلى ذلك، فيجب الإهتمام بصيانة وسائل النقل وفقاً للبرامج المعدة بمعرفة المنتج ، حيث أن الدراسات فى كثير من الدول قد أثبتت أن الصيانة الجيدة لوسائل النقل يمكن أن تؤدى إلى وفر فى نسبة إستهلاك الوقود إلى أكثر من ٢٥%، وتخفيض إستهلاك الوقود يعنى تقليل كمية العوادم.

وجدير بالذكر أن بعض الدول لجأت إلى فرض ضرائب أكبر على المركبات الكبيرة، وكذلك المركبات القديمة والتي ينتج عنها عوادم أكثر، وذلك بهدف حث المواطنين على إستخدام المركبات الصغيرة والمركبات الجديدة والأقل إستهلاكا للوقود .

٣-٣ حساب كميات العوادم

يمكن إستخدام العلاقة التالية لحساب كمية أي نوع من المركبات الكيمائية التى تتولد عن حركة وسائل النقل فى صورة عوادم.

كمية المركب الكيميائي = (معدل التلوث × قيمة النشاط)

يقصد بمعدل التلوث نتيجة حركة وسائل النقل هو كمية المركب الكيميائي (المطلوب) بالجرام الناتج عن حركة هذه الوسيلة لمسافة واحد كيلو متر (جرام/ وحدة سير. كم). وبمعلومية مشغولية وسيلة النقل، يمكن حساب معدل التلوث بوحدات "جرام/ راكب. كم" (فى حالة نقل الركاب)، أو "جرام/ طن. كم" (فى حالة نقل البضائع).

ويقصد بالنشاط إجمالى وحدة سير. كم، أو راكب. كم، أو طن. كم

مثال

بدولة ما إذا علم أن إجمالي نشاط النقل في عام كان على النحو التالي:

السيارة الخاصة	٢,٨٥ × $١٠^{٩}$	راكب. كم/عام
الأتوبيس	٦,٩١ × $١٠^{٩}$	راكب.كم/عام
نصف نقل	١,٢٣ × $١٠^{٩}$	طن.كم/عام

وأن معدلات ثاني أكسيد الكربون المتولدة عن وسائل النقل المختلفة هى:

السيارة الخاصة	١٣٤,٦٧	جرام لكل راكب. كم
الأتوبيس	١٦,٥١	جرام لكل راكب. كم
نصف النقل	٤٦٥,٤٥	جرام لكل طن. كم

إحسب كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن نشاط النقل فى هذه المدينة.

الحل

إجمالي ثاني أكسيد الكربون = $١٠^{٩}$ (٢,٥٨×١٣٤,٦٧+٦,٩١×١٦,٥١+١,٢٣×٤٦٥,٤٥)

= ١,٠٣٤ مليون طن / عام

٤- التنمية المتواصلة لنظم النقل

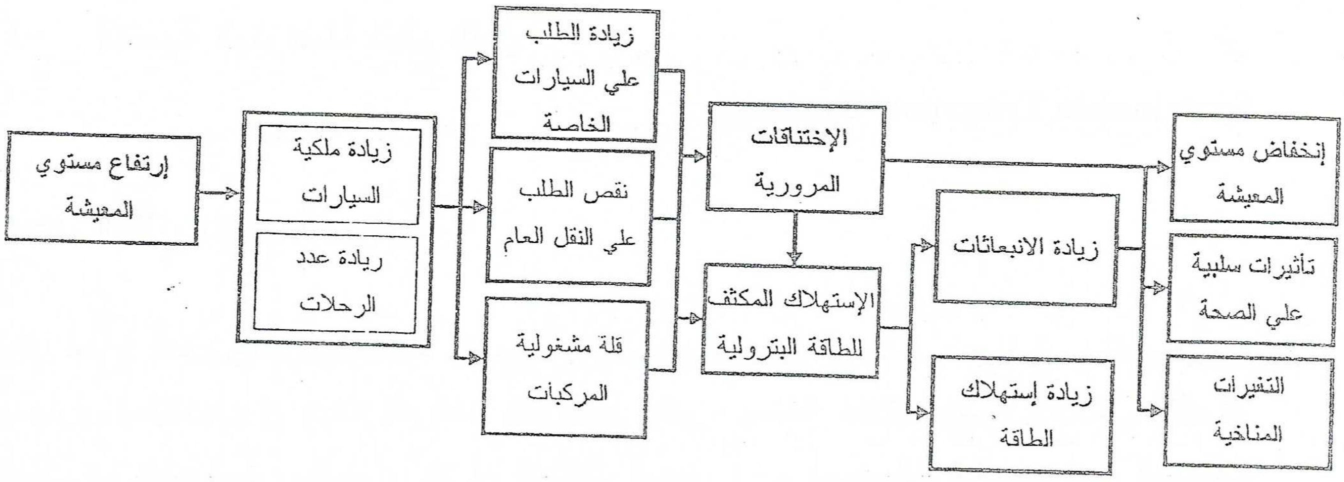
Sustainable Transport Systems

٤-١ النقل، الإقتصاد، والبيئة

يؤثر قطاع النقل ويتأثر بالإقتصاد القومي، وكذلك يلعب دوراً أساسيا في حياة المواطنين اليومية ومستوى معيشتهم. إن زيادة تحركات المواطنين يعتبر، بصفة عامة، مؤشراً لإنتعاش الإقتصاد القومي وإرتفاع مستوى الدخول، إلا أن الزيادات المستمرة فى أحجام الحركة على نفس المساحات المخصصة للمرور تؤثر بالسلب على الموارد الطبيعية والبيئة وعلى الصحة العامة وإسلوب الحياة وعلى الشكل الحضارى والتاريخى للمدن. كما تلعب التأثيرات البيئية دورا هاما فى قضية التغيرات المناخية.

في مدن الدول النامية، عندما بدأ الإقتصاد القومى فى الإرتفاع، زادت ملكية السيارات وإستخدامها بمعدلات كبيرة، ولم تزد مساحات الطرق بنفس المعدل. أدى ذلك إلى تدهور مستوى خدمات النقل، وكعلاج قامت العديد من الدول النامية بضخ إستثمارات هائلة لإنشاء طرق وأماكن إنتظار جديدة وكبارى وأنفاق لمرور السيارات، ولم يعامل النقل العام نفس المعاملة. وأكثر من ذلك، تم تقييد حركة بعض وسائل النقل العام وإلغاء بعض خطوط الترام فى بعض المدن، على إفتراض أن وسيلة النقل العام هى التى تعوق حركة السيارة الخاصة، على الرغم من أن السيارة الخاصة، فى الحقيقة، هى التى تعوق وسائل النقل العام، كنظام نقل جماعى.

هذه الأفكار ينتج عنها دائما تفاقم مشاكل النقل والمرور داخل المدن مرة أخرى وتدهور لمستوى المعيشة وزيادة معدلات إستهلاك الطاقة والتلوث البيئى. شكل رقم (٨) يوضح أنه على الرغم من أن الهدف الأساسى من التخطيط هو رفع مستوى المعيشة، إلا أن زيادة ملكية السيارات والحاجة للتنقل دون مراعاة لوجود نظام نقل عام جيد يؤدى بالعكس إلى خفض مستوى المعيشة وزيادة الإنبعاثات الملوثة للبيئة.



شكل ٨: النتائج المترتبة على زيادة ملكية السيارات دون مراعاة لوجود نظام نقل عام جيد

٤-٢ مشاكل النقل الحالية داخل المدن

فى الآونة الأخيرة، يتردد على ألسنة الجميع الإستفسارات التالية:

- هل يمكن أن تستوعب المدن وبدون حد أقصى الزيادات المستمرة فى أعداد السكان وأعداد السيارات دون زيادة مماثلة فى المساحات المخصصة للمرور (طرق وأماكن إنتظار) ؟
- كيف يمكن زيادة المساحات اللازمة للمرور داخل المدن؟ هل الكبارى العلوية هى الحل ؟
- متى تتوافر الإعتمادات المادية لتنفيذ مشاريع مترو الأنفاق؟
- هل يمكن حل مشاكل المرور عن طريق تغيير إتجاهات المرورعلى الطرق وغلق أو فتح الجزر الوسطى؟
- هل إلغاء أجزاء من الترام يؤدى الى سيولة مرورية ؟
- ماذا عن إستهلاك الطاقة والتلوث البيئى؟

لقد أثبتت الأبحاث العلمية والتجارب العملية أن الآثار الإيجابية للكبارى العلوية داخل المدن ماهى إلا سيولة مرورية مؤقتة، تظهر بعدها الإختناقات على الطرق السطحية والكبارى العلوية على السواء. هذا بالإضافة الى أن الكبارى العلوية داخل المناطق الحضرية تفقد المدن طابعها التاريخى العريق المميز، كما أنها مصدر دائم للضوضاء وتلوث البيئة. إن إنشاء الكبارى العلوية والسيولة المرورية عند بدء تشغيلها يشجع المواطنين على الإستخدام المكثف للسيارة الخاصة وإقتناء سيارات جديدة، مما يتسبب فى مشاكل مرورية فى مناطق أخرى، وصعوبات فى توفير أماكن إنتظار السيارات، نهاراً عند نهاية رحلاتهم (خاصة بمراكز المدينة)، وليلاً بالقرب من منازلهم.

كما لا يوصى أيضاً بإنشاء جراجات متعددة الأدوار وذات سعة إستيعابية عالية بمراكز المدن حيث أنها تتسبب فى مشاكل مرورية معقدة بسبب السعة المرورية المحدودة لشوارع وتقاطعات هذه المراكز.

أوضحت التجارب أيضا أن "المدن فى خطر" بسبب الزيادات المستمرة فى أعداد السيارات الخاصة، وليس فى الإمكان إيقاف ذلك بالأساليب التقليدية. كما أوضحت التجارب إن الترام الحديث (light rail transit LRT) (وليس بالمواصفات التقليدية للترام بالقاهرة والأسكندرية) هى وسيلة النقل الأساسية للقرن الواحد والعشرين، وجارى اليوم فى العديد من المدن الأوربية والأمريكية إنشاء خطوط ترام جديدة وبكثافة عالية.

وقد أوضحت الخبرة العملية، أن الترام لا تعوق حركة السيارات الخاصة، بل العكس فالسيارة الخاصة هى التى تعوق الترام. الترام وسيلة نقل عام ذات سعة عالية (على سبيل المثال، سعة ترام الرمل أكثر من ٦٠٠ راكب، بينما سعة السيارة الخاصة ٢ راكب فى المتوسط). كما أن الترام أقل تلوث للبيئة، ووحدات الترام الحديثة أقل ضوضاء من السيارة الخاصة، وأكثر أماناً حتى لو تم تشغيلها فى شوارع للمشاه فقط.

كثير من المدن الأوروبية تعرضت فى الآونة الأخيرة إلى المشاكل ذاتها التى تواجهها مدن العالم الثالث اليوم. بعض هذه المدن، نجحت ومنذ سنوات قليلة فى إيجاد حلول قليلة التكاليف لمشاكلها النقلية والمرورية. لكن هذه الحلول لم تكن حلولاً تقليدية.

٣-٤ أساليب تخطيط النقل

يعتمد تخطيط النقل العام داخل المدن بصفة عامة على عدة أساليب (شكل ١١)

Traditional
Demand-oriented or business-as-usual planning | environmental-oriented planning | goal-oriented planning

تخطيط التنمية المستدامة (goal-oriented planning)
↓
التطور المستدام للتحركات
↓
- تقليل الاحتياجات للتنقل
- تدعيم النقل العام
- تحسين إنسيابية المرور

التخطيط الملائم للبيئة (environmental-oriented planning)
↓
التنسيق بين مرافق النقل
↓
تهدئة المرور
إنشاء مناطق للمشاة
قيود على السيارة الخاصة
car use restriction

التخطيط التقليدى لتغطية الإحتياجات النقلية (business-as-usual planning)
↓
تغطية الاحتياجات النقلية
↓
مرافق نقل جديدة
↓
عدم توافر المساحات الارضية

شكل ١١: أساليب تخطيط النقل داخل المدن

الأسلوب الأول: التخطيط التقليدى

busines-as-usual
Traditional planning
Demand-oriented Planning

يبنى هذا الإسلوب على أساس إعداد مخططات يتم عن طريقها إنشاء مرافق نقل متنوعة (بما فى ذلك من طرق وكبارى وأماكن إنتظار)، كافية لتغطية الإحتياجات النقلية المتزايدة. وقد أثبتت العديد من الدراسات والتجارب العملية أن الآثار الإيجابية لهذا الإتجاه ماهى إلا سيولة مرورية مؤقتة تؤدى إلى تشجيع المواطنين على إستخدام السيارات الخاصة بشكل متزايد ومكثف، مما يؤدى إلى عودة المشاكل المرورية بحجم أكبر وتولدها فى مناطق أخرى. هذا بالإضافة إلى إرتفاع تكاليف الإنشاء بصفة عامة مما يعوق التنفيذ.

الأسلوب الثانى: التخطيط المناسب للبيئة

Environment-oriented Transportation Planning

نظراً لإرتفاع تكاليف التنفيذ وتفاقم المشاكل المرورية، ومع زيادة الوعى البيئى، ظهر فى الثمانينات هذا الإسلوب والذى يعتمد على إعداد مشاريع تهدف إلى تقييد إستخدام السيارة الخاصة في بعض المناطق وحماية البيئة من التلوث، دون الإلتفات للمستقبل البعيد.

الأسلوب الثالث: التنمية المتواصلة لنظم النقل

Sustainable Transportation Planning

مع بداية التسعينات، ظهر هذا الإسلوب والذى يعتمد على فلسفة الإستغلال الأمثل لإمكانيات شبكات الطرق الحالية داخل المدن، والدعم المستمر لنظم النقل العام بإسلوب إقتصادى لتغطية الإحتياجات المتزايدة للتنقل، والدعم المستمر لنظم النقل العام بإسلوب إقتصادى لتغطية الإحتياجات المتزايدة للتنقل مع الإهتمام بتأمين تحركات المشاه. وعلى الفور بدأ التطبيق العملى للفلسفة الجديدة فى العديد من المدن، وإن إختلفت الأساليب التطبيقية وفقاً للظروف الخاصة بكل مدينة.

إن أساليب تخطيط النقل يجب أن تتغير من الإسلوب التقليدى (تغطية الإحتياجات النقلية عن طرق إنشاء المزيد من المساحات المخصصة للمرور) وكذلك من الإسلوب الملائم للبيئة (تحسين الأداء البيئى لنظام النقل القائم دون الأخذ فى الإعتبار الإحتياجات النقلية) إلى إسلوب التنمية المتواصلة لنظام النقل ليكون الهدف الأساسي من التخطيط هو تنمية تحركات المواطنين بشكل متواصل مع الأخذ فى الإعتبار التأثيرات البيئية وتغطية الإحتياجات النقلية.

٤-٤ عناصر التنمية المتواصلة لنظم النقل

إن فلسفة "التنمية المتواصلة لنظم النقل" ترتكز على السياسات التالية (شكل ٦١):

٤-٤-١ تقليل احتياجات التنقل Saving Traffic، وذلك عن طريق:

- إعادة تخطيط استخدامات الأراضي داخل المدن وفقاً لنظرية عدم التمركز.
- إمتداد العمران على إمتداد محاور نقل عام (بصفة خاصة خطوط حديدية حضرية، ترام أو مترو أو قطار ضواحى)، وعدم إنشاء مدن جديدة أو مناطق سكنية أو صناعية إلا بعد إنشاء الخطوط الحديدية.

٤-٤-٢ تدعيم نظم النقل العام كبديل للسيارة الخاصة Shifting Traffic، عن طريق:

١ - تطوير وتحسين وتدعيم نظم النقل العام.

٢- التوسع في نظمُ النقل الحديدى داخل المدن.

٣ - التوسع في إنشاء مناطق المشاة (كتدعيم للنقل العام).

٤ - وضع قيود على إستخدام السيارة الخاصة داخل المدن.

٥ - تشجيع إستخدام السيارات ذات المشغولية العالية.

٤-٤-٣ تحسين إنسيابية المرور على شبكة الطرق Smoothing Traffic، عن طريق:

- إدخال نظم الإشارات الأتوماتيكية ذات التحكم اللحظي في حركة إنسياب المرور.
- إعادة تخطيط شبكة الطرق عن طريق تكوين خلايا نقل ومحاور مرور سريعة إتجاه واحد.

تعتمد سياسة تخطيط النقل حالياً فى المدينة الأوروبية على النقاط الآتية:

- Greening the Streets with Public Transport.
- It is a Mistake to go Underground.
- In order to improve the living Quality in a city, Please use Public Transport.
- Where the Public Transport is moving and Pedestrians are safe - City is alive.

هذا بالإضافة إلى التوعية المستمرة لأداب وقواعد المرور عن طريق وسائل الإعلام ونوادى السيارات.

تمارين

١. طريق حجم المرور عليه ١٨٠٠ وحدة سير/الساعة، تتحرك المركبات عليه بسرعة متوسطة ٦٠ كم/ الساعة، إحسب شدة الضوضاء المتوسطة فى حالة وجود أمطار عند نقطة على واجهة منزل يطل على الطريق ويبعد عنه بمسافة ٢٥ متر، إذا علم أن نسبة النقل الثقيل ٥٠ % وإن النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء عندها ترتفع بمسافة ٦ متر عن مستوى الطريق.

٢. بدولة ما إذا علم أن إجمالي نشاط النقل فى عام كان على النحو التالي:

السيارة الخاصة ٦٠ مليار راكب. كم

الأتوبيس ٨ مليار راكب. كم

نصف نقل ١,٥ مليار طن.كم

وأن معدلات ثاني أكسيد الكربون المتولدة عن وسائل النقل المختلفة هي:

السيارة الخاصة ١٥٠ جرام لكل راكب. كم، الأتوبيس ١٨ جرام لكل راكب. كم -

نصف النقل ٤٦٠ جرام لكل طن. كم

إحسب كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن نشاط النقل فى هذه المدينة.

تخطيط النقل والتحليل الإقتصادى

Transportation Planning and Economic Analysis

١- التقييم بوحدات مادية — Monetary Evaluation

هناك أساليب إقتصادية متعددة يمكن إستخدامها لتقييم البدائل بوحدات مادية، منها:

- ١-١ معدل العائد (RoR) — Rate of Return
- ١-٢ التكلفة الكلية السنوية (AC) — Total Annul Cost
- ١-٣ فترة الإسترداد (PP) — Payback Period
- ١-٤ تحليل المنفعة/التكاليف — Benefit-Cost Analysis

١-١ معدل العائد "ROR" — Rate of Return

فى هذه الطريقة، يتم مقارنة البدائل بإستخدام العلاقة التالية:

$$ROR = \frac{R - E}{C}$$

حيث

R = الدخل السنوى — Anticipated Revenues

E = تكاليف التشغيل السنوية — Operation Expenses

C = التكاليف الرأسمالية — Capital Investment

مثال

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين البدائل A, B & C وذلك بإستخدام طريقة معدل العائد، إذا علم أن:

	البديل	A	B	C
C	التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
E	تكاليف التشغيل السنوية (ألف جنيه مصرى)	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠
R	الدخل السنوى (ألف جنيه مصرى)	٨٤٠	٨٤٠	٨٤٠

الحل

يتم حساب معدل العائد للبدائل الثلاثة كالتالي:

$$\text{ROR for Alternative } A = \frac{840\,000 - 720\,000}{1600\,000} \times 100 = 7.5\,\%$$

$$\text{ROR for Alternative } B = \frac{840\,000 - 780\,000}{1520\,000} \times 100 = 4.0\,\%$$

$$\text{ROR for Alternative } C = \frac{840\,000 - 660\,000}{1880\,000} \times 100 = 9.5\,\%$$

على الرغم من أن التكاليف الرأسمالية للبديل C هى الأكبر، إلا أنه يعتبر الأفضل بسبب إرتفاع معدل العائد.

٢-١ التكلفة الكلية السنوية "AC" Total Annual Cost

فى هذه الطريقة يتم أولاً تحويل التكاليف الرأسمالية لكل بديل إلى تكاليف رأسمالية سنوية باستخدام معامل إسترداد رأس المال والذى يتوقف على سعر الفائدة والعمر الإفتراضي CRF. يتم بعد ذلك جمع التكاليف الرأسمالية السنوية إلى تكاليف التشغيل السنوية للحصول على التكاليف الكلية السنوية. البديل الأفضل هو البديل الذى يعطى أقل تكاليف كلية سنوية. ويمكن حساب التكاليف الكلية السنوية AC بإستخدام العلاقة التالية:

$$AC = (C \times CRF) + E$$

حيث

C = التكاليف الرأسمالية Initial Capital Investment

CRF = معامل إسترداد رأس المال Capital Recovery Factor من البنوك على أساس العمر الإفتراضي ومعدل الفائدة [جدول فى البنك]

E = تكاليف التشغيل السنوية Annual Operating Expenses

وجدير بالذكر، أن تطبيق هذا الإسلوب فى التقييم لا يتوقف على أرباح المشروع، وبالتالى فإن إستخدامه ينحصر على تقييم المشاريع الخدمية المدعمة حكومياً.

مثال

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين البدائل A, B & C وذلك بإستخدام طريقة التكاليف الكلية السنوية إذا علم أن:

CRF = 0.05052

البديل	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
تكاليف التشغيل السنوية (ألف جنيه مصرى)	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠

الحل

البديل	A	B	C
C	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
C × CRF	٨٠,٨٣٢	٧٦,٧٩٠	٩٤,٩٧٨
E	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠
AC	٨٠٠,٨٣٢	٨٥٦,٧٩٠	٧٥٤,٩٧٨

البديل الثالث هو البديل الأمثل، حيث أن يعطى أقل تكلفة سنوية.

١-٣ فترة الإسترداد "PP" Payback Period

تعرف فترة الإسترداد بأنها الفترة اللازمة لكى يسترد المشروع خلالها تكاليفه الرأسمالية من تدفقات صافى الأرباح السنوية. ووفقاً لهذه الطريقة فإنه كلما قلت فترة إسترداد رأس المال لمشروع ما كان هذا المشروع هو الأفضل. ويمكن حساب فترة الإسترداد لمشروع على النحو التالى:

$$PP = \text{Capital Investment} \div \text{Annual Net Return}$$

Capital Investment = التكاليف الرأسمالية

Annual Net Return = صافى الأرباح السنوية

ومن عيوب هذه الطريقة هو أنها تختار دائماً المشاريع التى تغطى تكاليفها فى السنوات الأولى من التشغيل، ولا تأخذ فى الإعتبار المشاريع الأخرى والتى قد تدر عائداً أكبر على المدى الطويل.

مثال

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين المشاريع A, B and C وذلك بإستخدام طريقة فترة الإسترداد، إذا علم أن

المشروع	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٠٠	١٢٠٠
صافى الربح السنوى (ألف جنيه مصرى)	٤٠٠	٤٥٠	٤٠٠

الحل

المشروع	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٠٠	١٢٠٠
صافى الربح السنوى (ألف جنيه مصرى)	٤٠٠	٤٥٠	٤٠٠
PP (Years)	٤	٣,٣	٣

البديل الثالث هو البديل الأمثل.

٤-١ تحليل المنافع والتكاليف Benefit-Cost Analysis

يساعد تحليل المنافع والتكاليف لمشروع ما على إعطاء صورة شاملة لإتخاذ القرار الإقتصادي، حيث تعتمد على تحويل المنافع المتنوعة إلى وحدات مالية بسعر اليوم ، ثم مقارنتها بالتكاليف، إما كفروق أو كنسب.

لحساب القيمة الحالية للمنافع (B) Present Value of Benefits يمكن إستخدام العلاقة التالية:

$$B = \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

حيث

B_n = قيمة المنافع فى السنه n

r = سعر الفائدة

n = السنة المطلوب تحويل ربحاها إلى القيمة الحالية بسعر اليوم

أولاً- الفرق بين المنافع والتكاليف

تعرف باسم صافى القيمة الحالية Net Present Value "NPV"، ويمكن حسابها بإستخدام العلاقة التالية:

$$NPV = B - C$$

حيث

B = قيمة المنافع الحالية الكلية Present Value of Benefits

C = قيمة التكاليف الحالية Present Value of Costs

المشاريع التى تحقق صافى قيمة حالية موجبة تعتبر مقبولة، المشاريع التى تحقق صافى قيمة حالية سالبة غير مقبولة.

ثانياً- نسبة المنافع والتكاليف "BCR" Benefit-Cost Ratio

تحسب هذه النسبة بإستخدام العلاقة التالية:

$$BCR = B \div C$$

المشاريع التى تحقق نسبة أكبر من ١ تعتبر مقبولة، والمشاريع التى تحقق نسبة أقل من ١ تعتبر غير مقبولة

مثال

إذا كانت تكاليف إنشاء وصلة طريق سريع هى ١٠ مليون جنيه، ويتوقع أن يترتب عن إنشائه تقليل طول الرحلة بمقدار ٢ كم، وتخفيض متوسط زمن الرحلة بمقدار ٥ دقائق. يتوقع أيضاً إنخفاض أعداد الحوادث بمقدار ٥ حوادث/عام، وإنخفاض مصاريف الصيانة بمقدار ٥٠٠٠ جنيه/عام.

المطلوب حساب صافى القيمة الحالية ونسبة المنافع/التكاليف، إذا علم أن:

- أحجام المرور اليومية الحالية ٧٠٠٠ وحدة سير/اليوم، بمتوسط مشغولية ١,٥ راكب/سيارة
- يبدأ تشغيل المشروع بعد عام
- تزداد أحجام المرور بمعدل منتظم بمقدار ٠,٥ % سنوياً خلال عمر الطريق الإفتراضى (٢٠ عاماً)
- تكاليف تشغيل الطريق المتوقعة هى ٠,١ جنيه/كم
- متوسط قيمة الوقت للمسافرين هو ٣ جنيه/ساعه
- متوسط تكاليف الحوادث هو ٢٠,٠٠٠ جنيه/حادثة
- سعر الفائدة هو ٨ % سنويا

المنافع الناتجة عن تخفيض زمن وطول الرحلة =

٥ دقائق × (٣ جنيه/ساعه ÷ ٦٠ دقيقه/ساعه) × ١,٥ راكب/سيارة + ٢ كم × ٠,١ جنيه/كم

= ٠,٥٧٥ جنيه/رحلة

المنافع الناتجة عن تخفيض أعداد الحوادث وقيمة الصيانة =
٥ حوادث/عام × ٢٠ ٠٠٠ جنيه/حادثة + ٥٠٠٠ جنيه/صيانة سنوية

= ١٠٥ ٠٠٠ جنيه/عام

أعداد الرحلات حاليا = ٧٠٠٠ رحلة/يوم × ٣٦٥ يوم/عام = ٢,٥٥٥,٠٠٠ رحلة/عام

$(1+\frac{0.5}{100}n)$

العام	معدل تزايد أحجام المرور	أعداد الرحلات السنوية	الأرباح السنوية (جنيه) الكلية	القيمة الحالية للمنافع (جنيه)
١	١,٠٠٥	٢,٥٦٧,٧٧٥	١,٥٨١,٤٧١	١,٤٦٤,٣٢٥
٢	١,٠١	٢,٥٨٠,٥٥٠	١٥٨٨٨١٦	١٣٦٢١٥٤
٣	١,٠١٥	٢٥٩٣٣٢٥	١٥٩٦١٦٢	١٢٦٧٠٨٥
٤	١,٠٢	٢٦٠٦١٠٠	١٦٠٣٥٠٨	١١٧٨٦٢٦
٥	١,٠٢٥	٢٦١٨٨٧٥	١٦١٠٨٥٣	١,٠٩٦٣٢٠
٦	١,٠٣	٢٦٣١٦٥٠	١,٦١٨,١٩٩	١٠١٩,٧٤٠
٧	١,٠٣٥	٢٦٤٤٤٢٥	١٦٢٥٥٤٤	٩٤٨,٤٩٠
٨	١,٠٤	٢٦٥٧٢٠٠	١,٦٣٢,٨٩٠	٨٨٢,٢٠٠
٩	١,٠٤٥	٢٦٦٩٩٧٥	١٦٤٠٢٣٦	٨٢٠٥٢٦
١٠	١,٠٥	٢٦٨٢٧٥٠	١٦٤٧٥٨١	٧٦٣١٤٩
١١	١,٠٥٥	٢٦٩٥٥٢٥	١٦٥٤٩٢٧	٧٠٩٧٧٠
١٢	١,٠٦	٢٧٠٨٣٠٠	١٦٦٢٢٧٣	٦٦٠١١١
١٣	١,٠٦٥	٢٧٢١٠٧٥	١٦٦٩٦١٨	٦١٣٩١٥
١٤	١,٠٧	٢٧٣٣٨٥٠	١٦٧٦٩٦٤	٥٧٠٩٤١
١٥	١,٠٧٥	٢٧٤٦٦٢٥	١٦٨٤٣٠٩	٥٣٠٩٦٥
١٦	١,٠٨	٢٧٥٩٤٠٠	١٦٩١٦٥٥	٤٩٣٧٧٨
١٧	١,٠٨٥	٢٧٧٢١٧٥	١,٦٩٩,٠٠١	٤٥٩,١٨٧
١٨	١,٠٩	٢٧٨٤٩٥٠	١٧٠٦٣٤٦	٤٢٧٠١١
١٩	١,٠٩٥	٢٧٩٧٧٢٥	١٧١٣٦٩٢	٣٩٧٠٨٣
٢٠	١,١	٢٨١٠٥٠٠	١٧٢١٠٣٨	٣٦٩٢٤٦
			المجموع	١٦,٠٣٤,٦٢٢

مثال توضيحى للحسابات الخاصة بالعام الثامن

معدل تزايد أحجام المرور = ١,٠٤

أعداد الرحلات السنوية = ٢ ٥٥٥ ٠٠٠ × ١,٠٤ = ٢ ٦٥٧ ٢٠٠ رحلة

الأرباح السنوية = ٢ ٦٥٧ ٢٠٠ رحلة × ٠,٥٧٥ جنيه/رحلة + ١٠٥ ٠٠٠ جنيه/عام

B_n = ١ ٦٣٢ ٨٩٠ جنيه

قيمة الأرباح الحالية = ١,٦٣٢ ٨٩٠ جنيه ÷ (١+٠,٠٨)^٨ = ٨٨٢,٢٠٠ جنيه/العام

مجموع المنافع الحالية — التكاليف الرأسمالية

صافى القيمة الحالية NPV = ١٦,٠٣٤,٦٢٢ − ١٠,٠٠٠,٠٠٠

= ٦,٠٣٤,٦٢٢ جنيه

نسبة المنافع/التكاليف BCR = ١٦٠٣٤٦٢٢ ÷ ١٠٠٠٠٠٠٠

= ١,٦

٢- التقييم متعدد المعايير (الأوزان) الطريقة الحديثة Multi-Criteria Evaluation

يمكن أن تكون هناك معايير متنوعة الوحدات يمكن إستخدامها لتقييم المشاريع والمقارنة بينهـا فنيـا وإقتصاديا وبيئيا، مثل طول طريق معين (كم)، زمن الرحلة على الطريق (الساعة)، تكاليف الإنشـاء (جنيه)، الإنبعاثات الناتجة عن الطريق (الطن). هنا يمكن إستخدام طريق الأوزان Weigh Assessment Method

ويمكن تطبيق هذه الطريقة على أربع مراحل:

- تعريف معايير التقييم: يقوم المخطط بإختيار معايير التقييم المناسـبة والتـى تخـدم أهـداف المشروع
- تقدير مقياس كل معيار Rating Scale: يتم وضع مقياس لكل معيار فى البدائل المختلفة. هذا المقياس يمكن إعتباره خطيا يبدأ بمقدار الصفر (لأسوأ حالة) وينتهى بمقدار ١٠ (أفضل حالة)، وللحالات الأخرى يحسب المقياس بالنسبة و التناسب.
- تقدير الأوزان Weight Assessment: كل معيار يعطى وزنا معينا يبين أهمية هذا المعيار بالنسبة للخبراء وأصحاب القرار، وربما أيضا المواطنين المستفادين من المشروع.
- التقدير Rating: يتم ضرب مقياس كل معيار فى الوزن المقدر لهذا المعيار، ثم يتم جمع كـل التقديرات الخاصة بكل بديل للحصول على تقدير نهائى لكل بديل. يتم إختيار البـديل الأمثـل صاحب أعلى تقدير.

مثال

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين المشاريع A, B & C، إذا علم أن

المشاريع البديلة	معايير التقييم		
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)
A	١٠٢٣	٤١,٧	٤٢,٨
B	١٠٦٣	٣٩,٩	٤٢,٦
C	١٤٧٩	٣٧,٢	٤٤,٤
الأوزان	١٠	٨	٥

الحل

المقياس Scaling

المشاريع البديلة	معايير التقييم		
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)
A	١٠	٠	١
B	٩,١	٤	٠
C	٠	١٠	١٠
الأوزان	١٠	٨	٥

التقدير Rating

المشاريع البديلة	معايير التقييم			التقدير
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)	
A	١٠٠	٠	٥	١٠٥
B	٩١	٣٢	٠	١٢٣
C	٠	٨٠	٥٠	١٣٠

المشروع الأفضل هو C

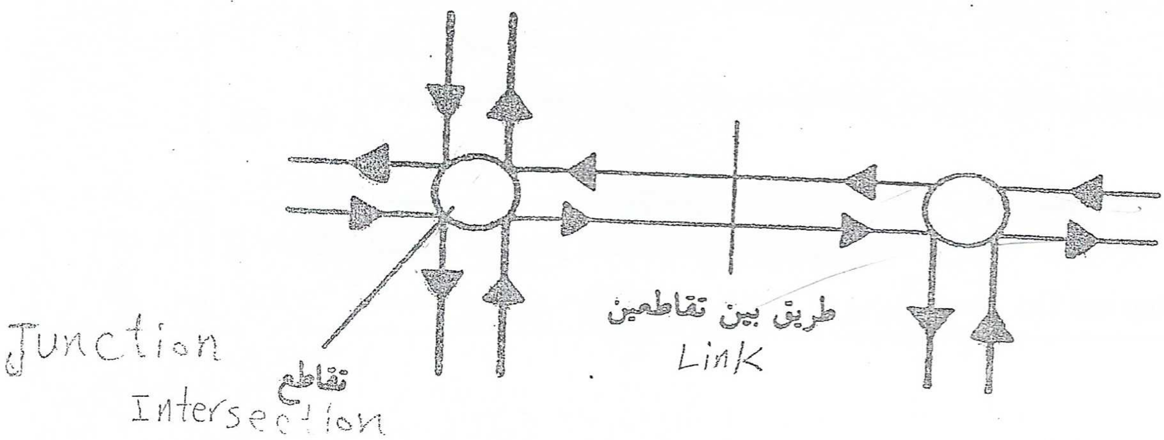
الباب الخامس

هندسة المرور

هندسة المرور

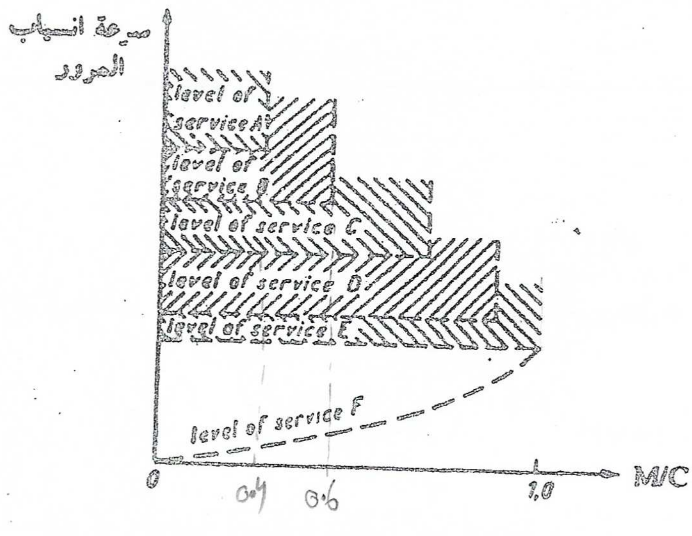
Traffic Engineering

١- إنسياب حركة المرور على الطرق بين التقاطعات(شكل ١)



شكل ١: عناصر شبكة طرق

١-١ مستويات الخدمة (شكل ٢) **Level of Service**



شكل ٢: مستويات الخدمة

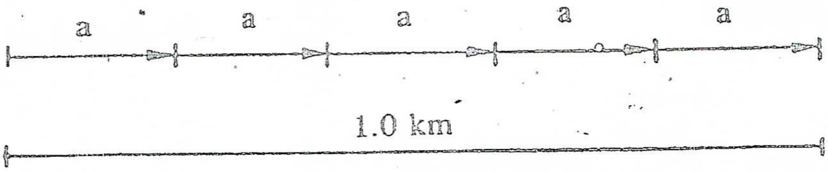
المشغوليـة M: عدد وحدات السير التي تعبر قطاعاً عرضياً على طريق ما فى إتجاه معين خلال فترة زمنية محددة (حجم المرور الفعلي، وحدة سير/الساعة/الإتجاه).

السـعـة C: أقصى عدد من وحدات السير التي يمكن أن تعبر قطاعاً عرضياً على طريق ما فى إتجاه معين خلال فترة زمنية محددة بمستوى خدمة مناسب "السرعة مثلاً" (وحدة سير/الساعة/الإتجاه).

خصائص مستويات الخدمة المختلفة — Level of Service Characteristics

مستوى الخدمة	M/C	خصائص المرور
A	<0.4	إنسياب حر، حجم المرور قليل للغاية، سرعات عالية (تأخيرات غير متوقعة.
B	0.4 - 0.6	إنسياب مستقر، سرعات عالية، إحتمال حدوث تأخيرات قلية جداً (مناسب لتخطيط الطرق السريعة بين المدن).
C	0.6 - 0.8	إنسياب مستقر أيضاً، سرعات كبيرة نسبياً، تأخيرات قليلة (مناسب لتخطيط الطريق داخل المدن).
D	0.8 - 0.9	إنسياب يقترب من عدم الإستقرار، سرعات ما زالت مرتفعة نسبياً، تأخيرات قليلة.
E	0.9 - 1.0	إنسياب غير مستقر، نقاط اختناق، سرعات قليلة.
F	>1.0	إنسياب مضطرب، شلل تام، سرعات قد تقترب من الصفر Stop and Go

١-٢ كثافة المرور (شكل ٣) — Traffic Density



شكل ٣ : كثافة المرور

تعرف كثافة المرور بأعداد وحدات السير المتواجدة فى إتجاه معين على جزء من طريق طوله واحد كيلو متر.

$$a = L + \left(v^2 \div 2b\right) + \left(v \times t\right) + s$$

حيث

a : البعد بين مقدمة سيارة، ومقدمة السيارة التالية (متر/وحدة سير)

L : طول وحدة السير (متر)

v : سرعة المسير المتوسطة (متر/الثانية)
b : العجلة التناقصية للفرامل (متر/الثانية^2)
t : زمن التأثير من لحظة مشاهدة عائق لبدء فرملة وحدة السير (الثانية)
s : مسافة أمان (المتر)

وبفرض أن :
C = سعة الطريق (وحدة سير /الساعة)
t_a = الزمن اللازم لقطع المسافة a

$$v\,(km/h) = (a / t_a) \times 3.6 \quad \rightarrow \quad t_a = (a / v) \times 3.6$$

$$C = 3600 \div t_a \quad \rightarrow \quad C = 3600\,v \div 3.6\,a = 1000\,v \div a$$

$$D = 1000 / a \quad \rightarrow \quad a = 1000 / D$$

$$C = (1000 \times v / 1000) \times D$$

$$C = v \cdot D$$

(Km/hr)

مثال

طريق سعته ٢٠٠٠ وحدة سير/الساعة، السرعة المتوسطة ٤٠ كم /الساعة، إحسب كثافة إنسياب المرور.

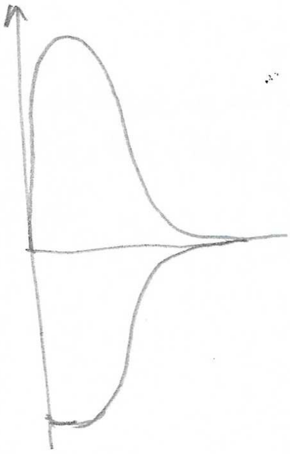
الحل

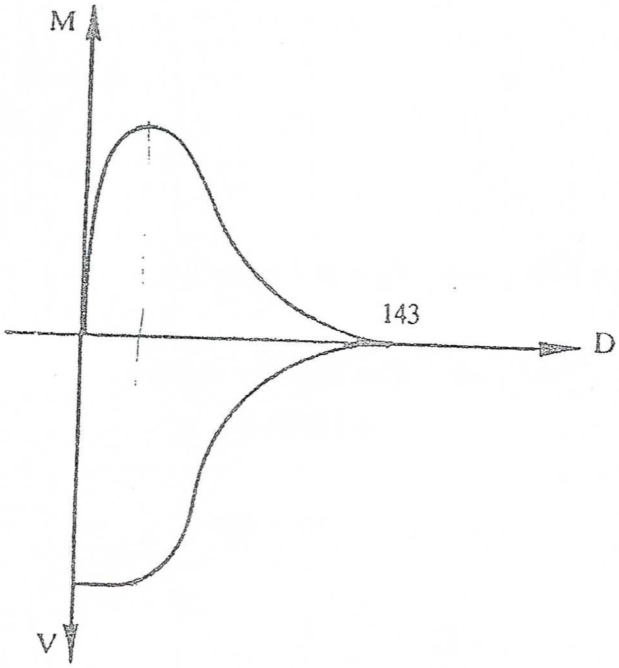
$$D = 2000 / 40 = 50\ Veh./Km$$

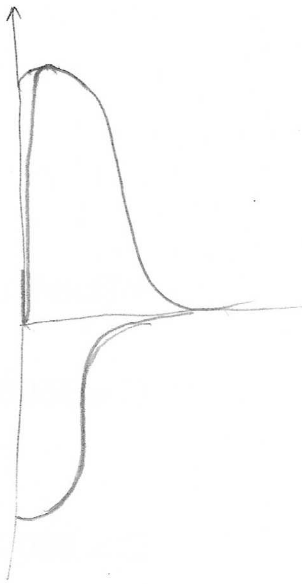
M D V

١-٣ العلاقة بين مشغولية طريق - كثافة المرور - السرعة (شكل ٤)

Volume-Density-Speed Relationship "Fundamental Diagram"







شكل ٤: العلاقة بين مشغولية طريق، كثافة المرور، والسرعة

كثافة مرورية قيمتها ١٤٣ وحدة سير/الكيلومتر الطولي للحارة الواحدة تعني إصابة المرور بشلل تام.

$$D = \frac{1000}{a} \qquad a = \frac{1000}{D}$$

$$t_a = \frac{a}{V} = \frac{1000/D}{V} \times 3.6 = \frac{3600}{V * D}$$

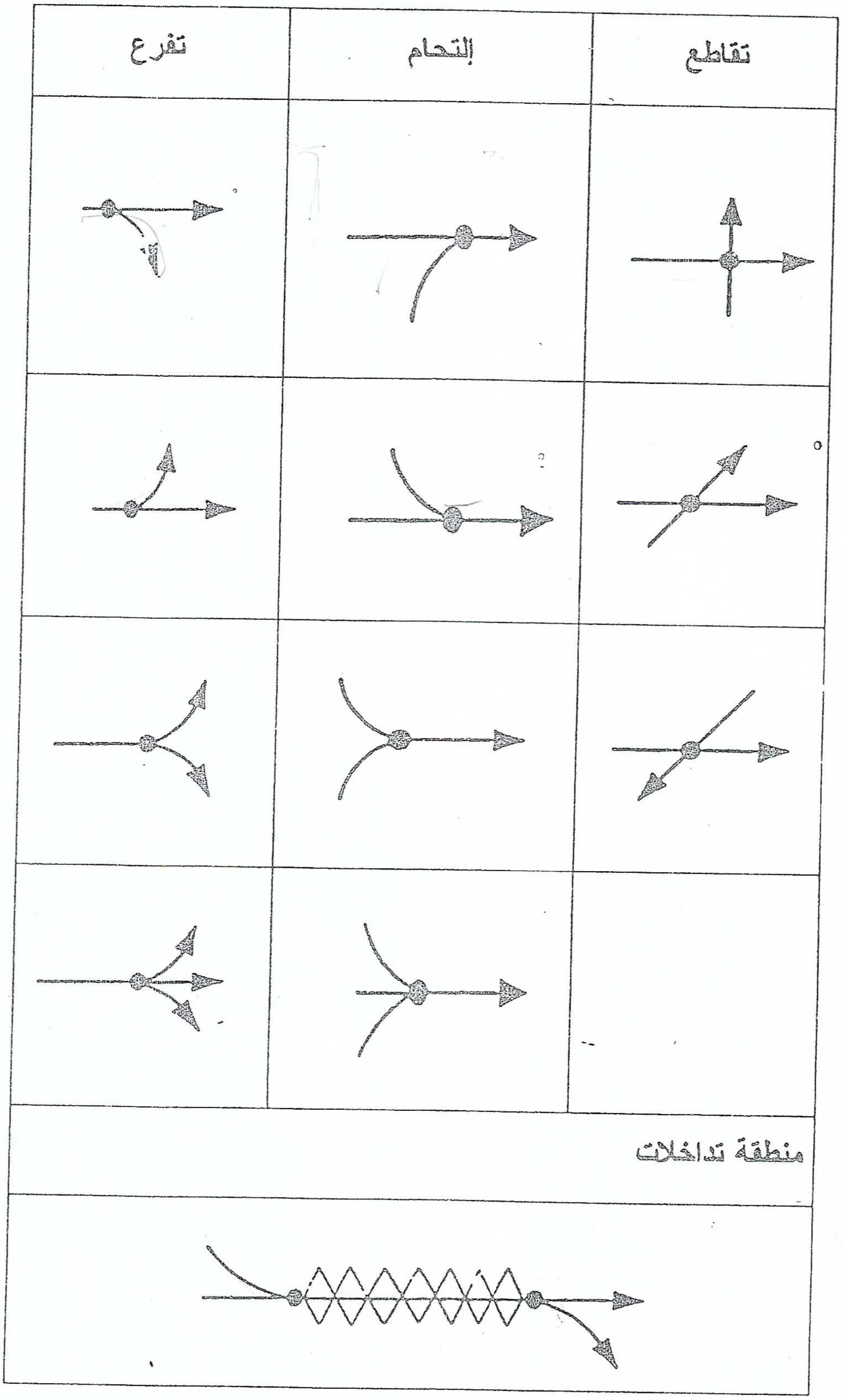
$$\frac{1}{t_a} = V \cdot D$$

$$C = V * D$$

Junction

٢- إنسياب حركة المرور عند التقاطعات Traffic Flow at Intersections

٢-١ نقاط التصادم المرورية (شكل ٥) Traffic Conflicts



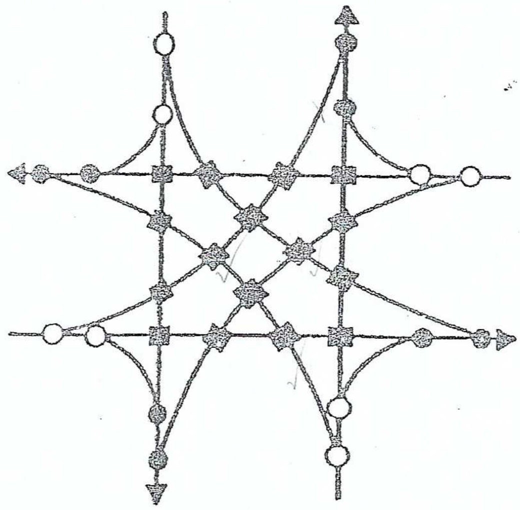
شكل ٥: أنواع نقاط التصادم المرورية

يحتوى كل تقاطع، وفقاً لاتجاهات المرور، على مجموعة من نقاط التصادم المرورية كما يتضح من الأمثلة التالية :

أمثلـــــة

١- تقاطع على شكل حرف (+)

مسموح بالتحرك فى جميع الاتجاهات



○ نقاط التفرع ٨ diverging point

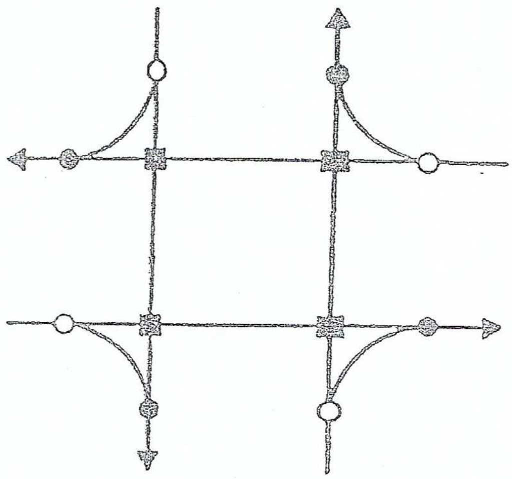
● نقاط التلاحم ٨ merging point

■ نقاط التقاطع ١٦ crossing point

نقاط التصادم ٣٢ Conflict points

٢- تقاطع على شكل حرف (+)

ممنوع الاتجاه لليسار



نقاط التفرع ٤

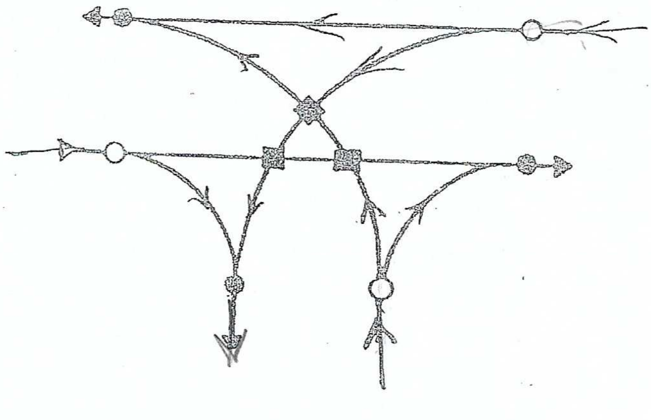
نقاط التلاحم ٤

نقاط التقاطع ٤

نقاط التصادم ١٢

٣- تقاطع على شكل حرف (T)

مسموح بالحركة فى جميع الاتجاهات



نقاط التفرغ ٣

نقاط التلاحم ٣

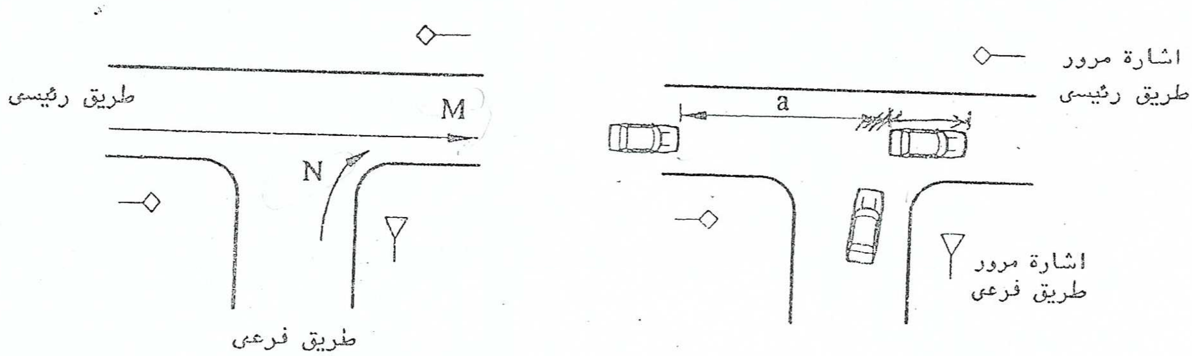
نقاط التقاطع ٣

نقاط التصادم ٩

٢-٢ التقاطعات بدون إشارات مرور ضوئية (مزودة فقط بعلامات مرور) Junction

Intersections with Priority Control (with Traffic Signs)

٢-٢-١ زمن التدفق (شكل ٦)

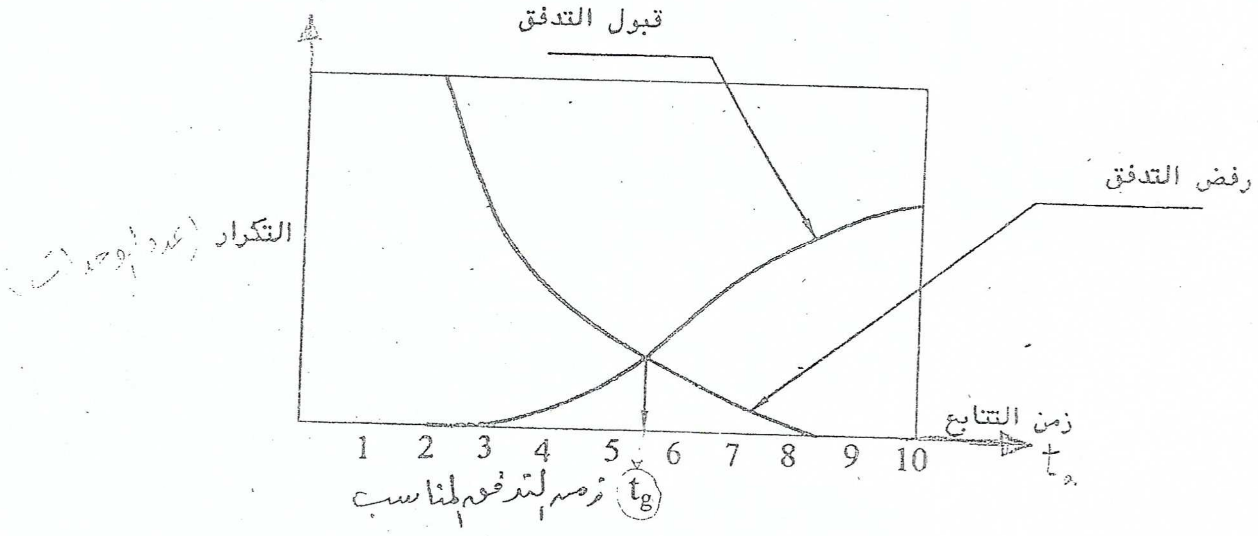


M = حجم المرور على الطريق الرئيسى (وحدة سير/الساعة) Major

N = حجم المرور على الطريق الفرعى (وحدة سير/الساعة)

a = مسافة التتابع للسيارات على الطريق الرئيسى (متر)

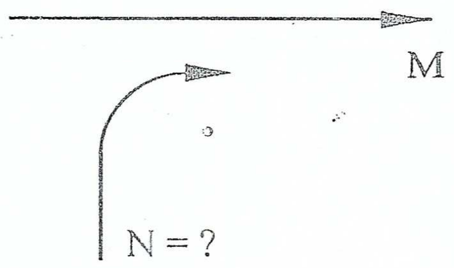
t_a = الزمن اللازم لقطع المسافة a (الثانية)



شكل ٦ : زمن التدفق

يتم تحديد زمن التدفق المناسب t_g عند أى تقاطع عن طريق الرصد الميداني (شكل ٦)، حيث يتم عد وحدات السير القادمة من الطريق الفرعى، والتى تقبل أو ترفض الدخول إلى الطريق الرئيسى عند أزمنة تتابع مختلفة t_a. نقطة تقاطع المنحنيين t_g تمثل زمن التدفق المناسب للتقاطع. t_f هو زمن التدفق الفعلى لسيارة ما.

الحالة الأولى



$$N = \frac{M}{e^{\alpha} - e^{\beta}}$$

حيث

$$\alpha = M \cdot t_g / 3600$$

$$\beta = M \cdot (t_g - t_f) / 3600$$

t_f = زمن التدفق الحقيقى (الفعلى)

فى حالة $t_f = t_g$

$$N = \frac{M}{e^{\alpha} - 1}$$

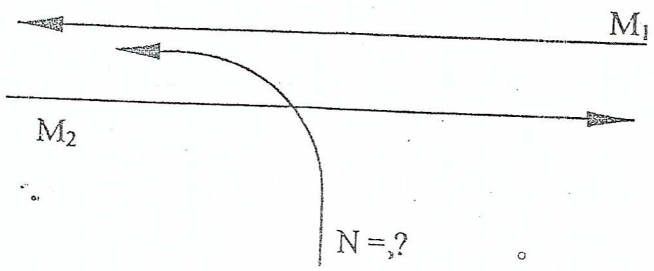
مثال

M = 850 Veh./h.
t_g = 7 sec
N = ?

الحل

$$N = 850/(e^{850 \times 7/600} - 1) = 203\ Veh/h$$

الحالة الثانية



نفس قوانين الحالة الأولى مع مراعاة أن $M = M_1 + M_2$

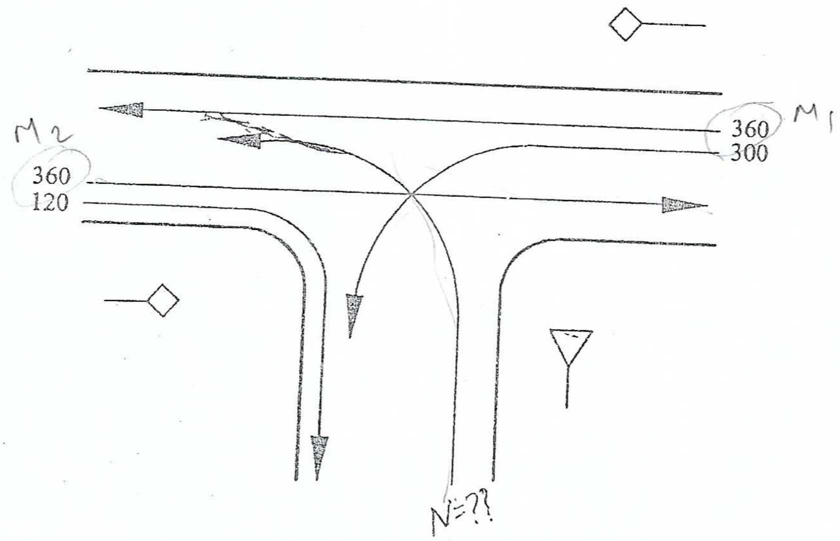
مثال

إحسب N إذا علم أن:

للإتجاه يساراً من الطريق الرئيسي $t_f = 3.0\,\text{sec.}$ $t_g = 5.0\,\text{sec.}$

للإتجاه يساراً من الطريق الفرعي $t_f = 3.0\,\text{sec.}$ $t_g = 6.0\,\text{sec.}$

الحل

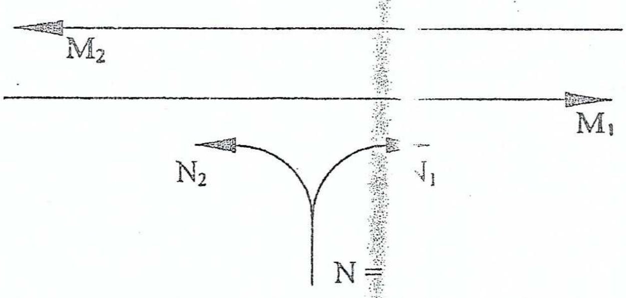


$M = 360 + 360 + 300 = 1020$ veh/h

$N = 1020/(e^{1020\times 6/3600} - e^{1020\times 3/3600})$

$= 325$ Veh./h.

الحالة الثالثة



١- تحسب N_1 كما في الحالة الأولى

٢- تحسب N_2 كما في الحالة الثانية

٣- تحسب N من العلاقة التالي

$$N = \frac{1}{(a_1 / N_1) + (a_2 / N_2)}$$

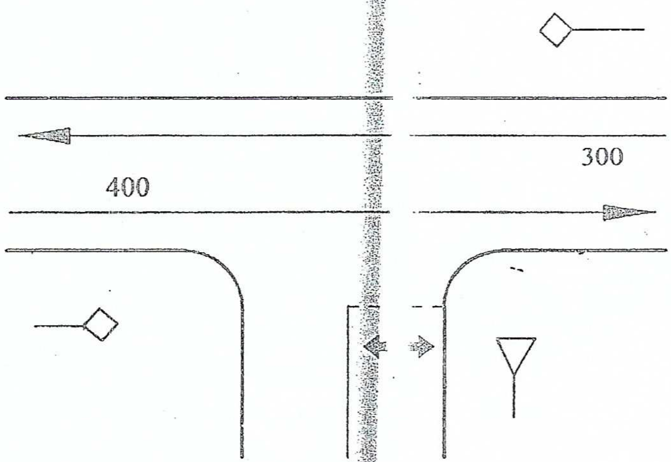
حيث a_1 & a_2 = نسب توزيع أعداد السيارات القادمة من الطريق الفرعي إلى الطريق الرئيسي فى الإتجاه إلى اليمين وإلى اليسار على التوالي

مثال

إحسب سعة التقاطع بالشكل التالي إذا علم أن

$a_1 = 0.55$

$a_2 = 0.44$



للإتجاه من الطريق الفرعي للطريق الرئيسي جهة اليمين

$t_g = 5.0 \text{sec.}$ $t_f = 3.0 \text{sec.}$

للإتجاه من الطريق الفرعي للطريق الرئيسي جهة اليسار

$t_g = 6.0 \text{sec.}$ $t_f = 3.0 \text{sec.}$

الحل

$N_1 = 810$ Veh./h, $M_1 = 400$ Veh./h

$N2 = 493$ Veh./h, $M_2 = 700$ Veh./h

$N = 1 \div \{(0.55 \div 810) + (0.45 \div 493)\} = 628$ Veh./h.

∴ سعة التقاطع = ٧٠٠ + ٦٢٨ = ١٣٢٨ وحدة سير/الساعة

٢-٢-٣ التأخيرات المتوقعة

لحساب متوسط التأخيرات لوحدة السير الواحدة المتواجدة بالطريق الفرعي نتيجة التدفق إلى الطريق الرئيسي يمكن إتباع الطريق التالية:

$$\lambda_1 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{3600}$$

$$\lambda_2 = \frac{N_{\text{مناسب}}}{3600}$$

ملحوظة : $N_{\text{مناسب}}$ هي المحسوبة من المعادلات بالحالات من ١ إلى ٣

$$\rho = \lambda_1 / \lambda_2 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{N_{\text{مناسب}}}$$

التأخيرات الكلية بالساعات

$$W = \frac{\rho}{1-\rho} \text{(hours)}$$

التأخيرات المتوسطة لوحدة السير الواحدة (بالثانية)

$$t_W = \frac{3600W}{N_{\text{فعلي}}} \text{ (sec/Veh)}$$

مثال

إحسب متوسط التأخيرات لوحدة سير عند تقاطع بدون إشارات مرور ضوئية، إذا علم أن:

$$N_{\text{فعلي}} = 300\ Veh./h.$$

$$N_{\text{مناسب}} = 350\ Veh./h.$$

الحل

$$\lambda_1 = 300/3600$$

$$\lambda_2 = 350/3600$$

$$\rho = 300/350 = 0.857$$

$$W = 5.99\ \text{h.}$$

$$t_W = 71.9\ \text{sec/Veh.}$$

$$\lambda_1 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{3600} = \frac{300}{3600}$$

$$\lambda_2 = \frac{N_{\text{مناسب}}}{3600} = \frac{350}{3600}$$

$$\rho = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{300}{350} = 0.857$$

$$W = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.857}{1-0.857} = 5.99\ \text{hour}$$

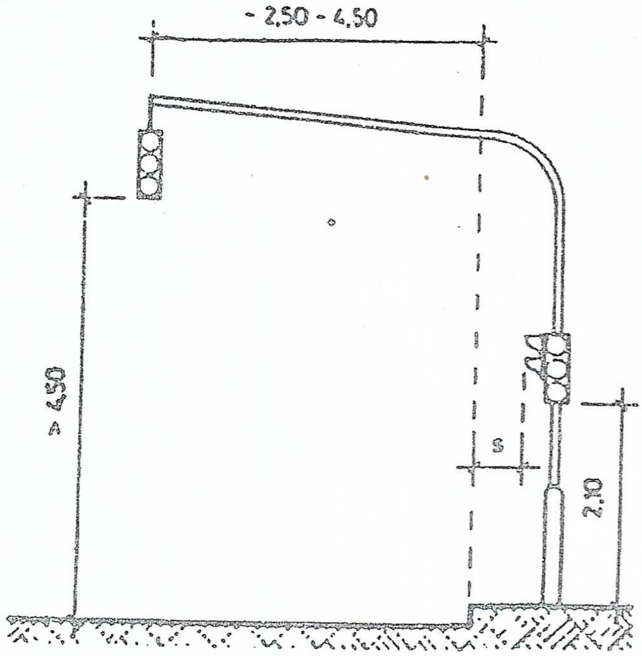
$$t_W = \frac{3600\,W}{N_{\text{فعلي}}} = \frac{3600 * 5.99}{300}$$

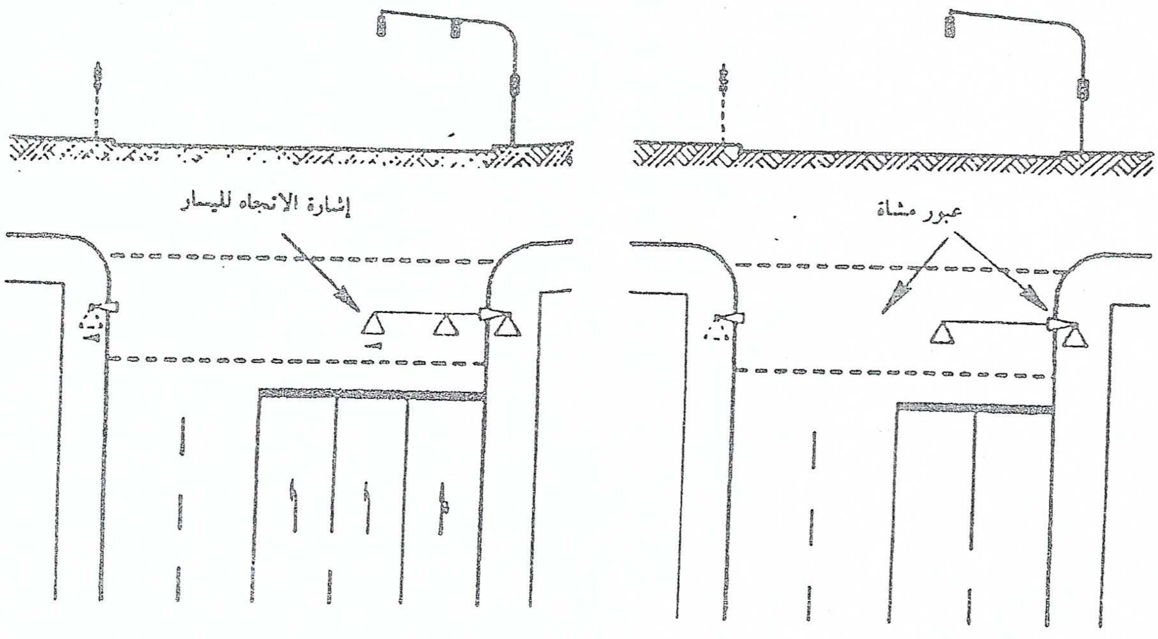
$$= 71.9\ \text{sec/Veh}$$

٢- ٣ التقاطعات بإشارات المرور الضوئية

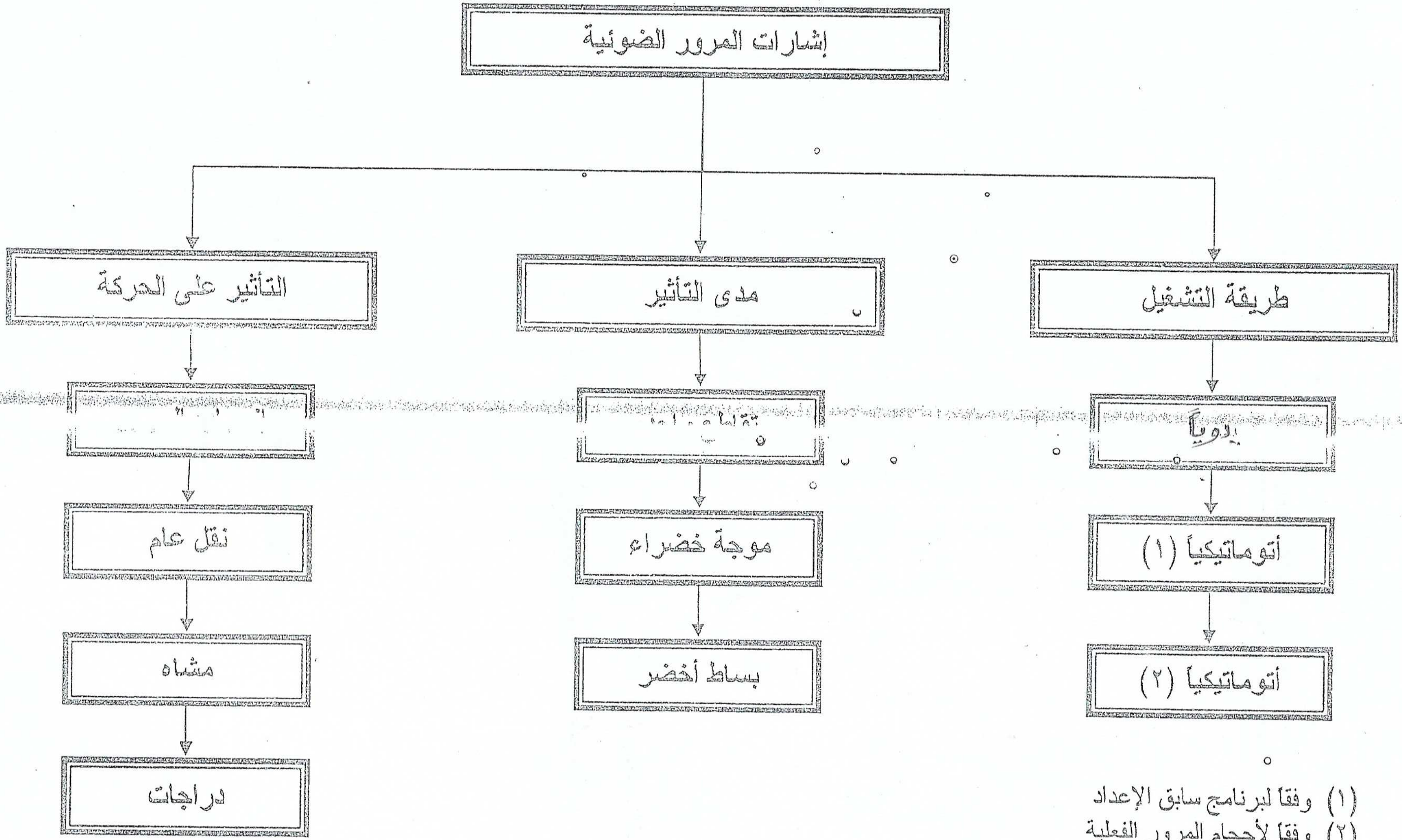
Isolated Traffic Signal Intersections (Fixed Time Signals)

٢-٣-١ أنواع إشارات المرور الضوئية (شكل ٧ - شكل ٨)





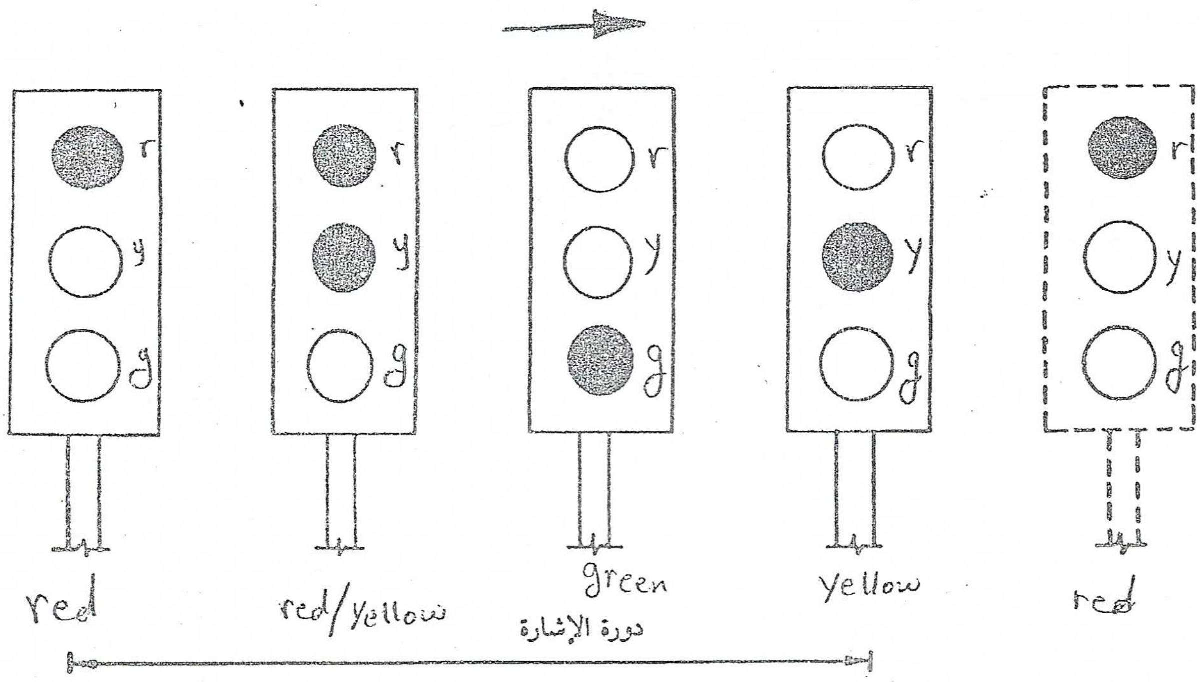
شكل ٧: إشارات المرور



(١) وفقاً لبرنامج سابق الإعداد
(٢) وفقاً لأحجام المرور الفعلية

شكل ٨: أنواع إشارات المرور الضوئية

٢-٣-٢ تتابع الأضواء بإشارة مرور (شكل ٩)



شكل ٩ : دورة إشارة المرور

Red (r): mandatory STOP

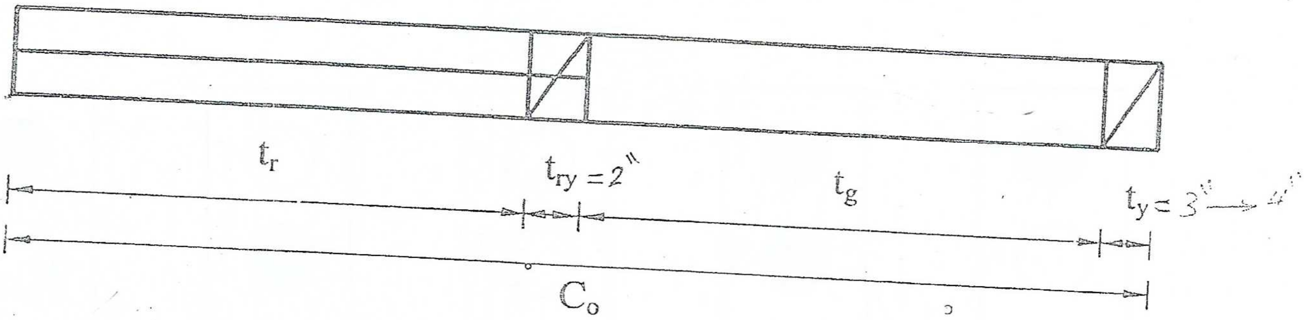
Red/Yellow (r y): Still STOP, but advises "prepare to go"

Green (g): GO, if safe to do so

Yellow (y): STOP, unless unsafe to do so

Optimum Cycle

٢-٣-٣ دورة إشارة المرور (شكل ١٠)



C_o = زمن دورة الإشارة

t_r = زمن الضوء الأحمر

t_g = زمن الضوء الأخضر

t_{ry} = زمن الضوء الأحمر/ أصفر

t_y = زمن الضوء الأصفر

شكل ١٠: دورة إشارة مرور ضوئية

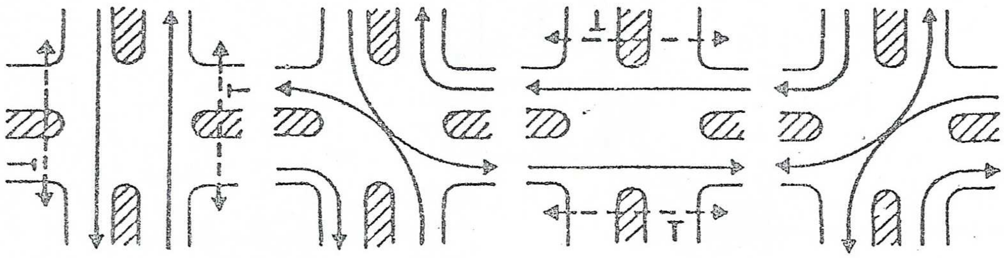
دورة الإشارة هي الفترة الزمنية بين بداية ظهور ضوء بلون معين لأحد إتجاهات الحركة عند تقاطع ما وبداية ظهور نفس الضوء لذات الأتجاه مرة أخرى.

يتوقف زمن الضوء الأصفر على سرعة المسير المسموح بها:

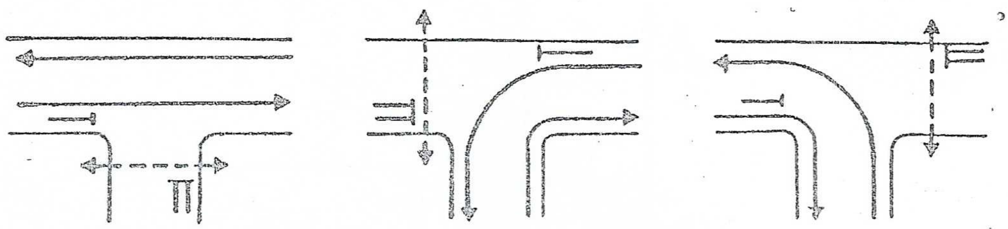
سرعة المسير	زمن الضوء الأصفر
٥٠ كم/ الساعة	٣ ثانية
٦٠ كم / الساعة	٤ ثانية
٧٠ كم / الساعة	٥ ثانية

هذا ويبلغ زمن الضوء أحمر/أصفر ثانية واحدة، ويجب ألا يتعدى ثانيتين. ويتراوح زمن دورة الإشارة بين:

أقل زمن دورة	"٣٠
زمن الدورة في المتوسط	"٥٠ - ٧٠
أقصى زمن دورة	"٩٠ - ١٢٠



تقاطع +



تقاطع T

مسار المركبات

مسار المشاة

شكل ١١: برنامج إشارات المرور الضوئية

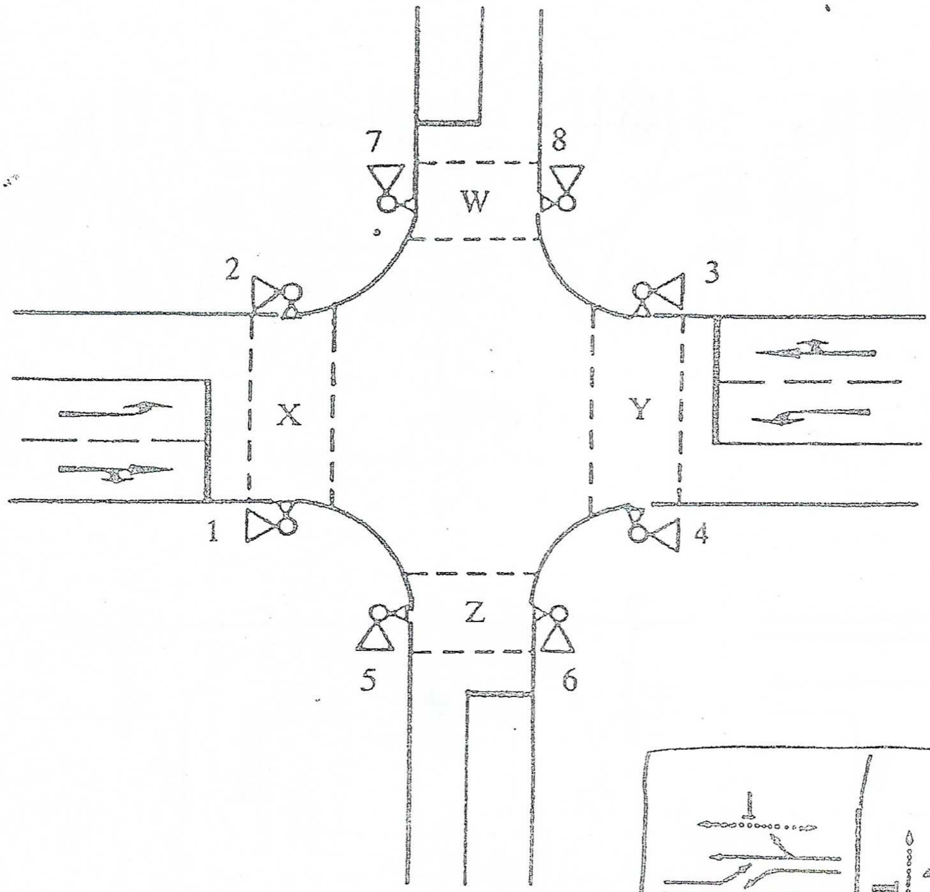
لتنظيم حركة المرور عند تقاطع ما بإستخدام إشارة مرور ضوئية يمكن أن يحوي برنامج الإشارة أكثر من ٢ طور Phase، لفصل الإتجاهات ولتقليل نقاط التصادم المرورية، أو منع حدوثها نهائياً، كذلك لفصل حركة مرور السيارات عن حركة المشاة والدراجات.

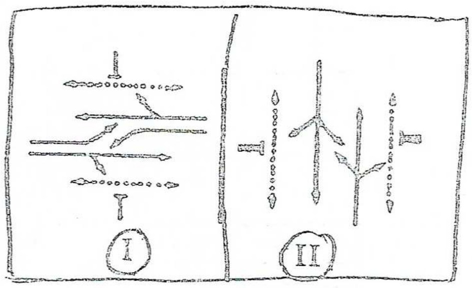
لمنع حدوث أي نقاط تصادم مرورية ولفصل حركة مرور السيارات عن حركة المشاة والدراجات، فإن عدد الأطوار اللازمة لإشارة مرور ضوئية يبلغ:

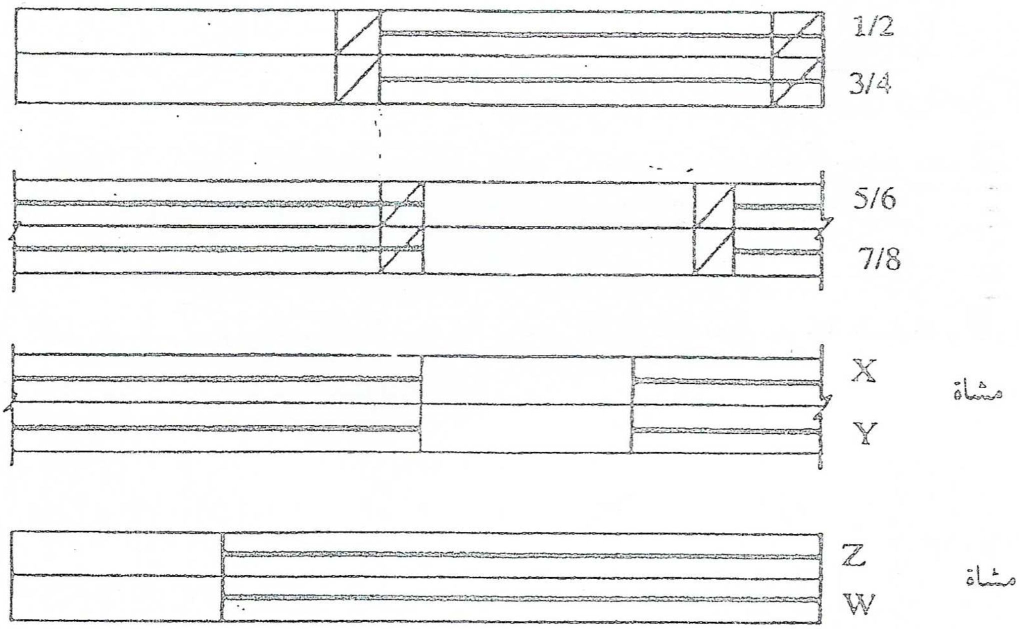
- ٤ أطوار لتقاطع +
- ٢ طور لتقاطع T

وفيما يلى مجموعة من الأمثلة تبين برامج مختلفة لإشارات مرور وتتابع الأطوار بها:

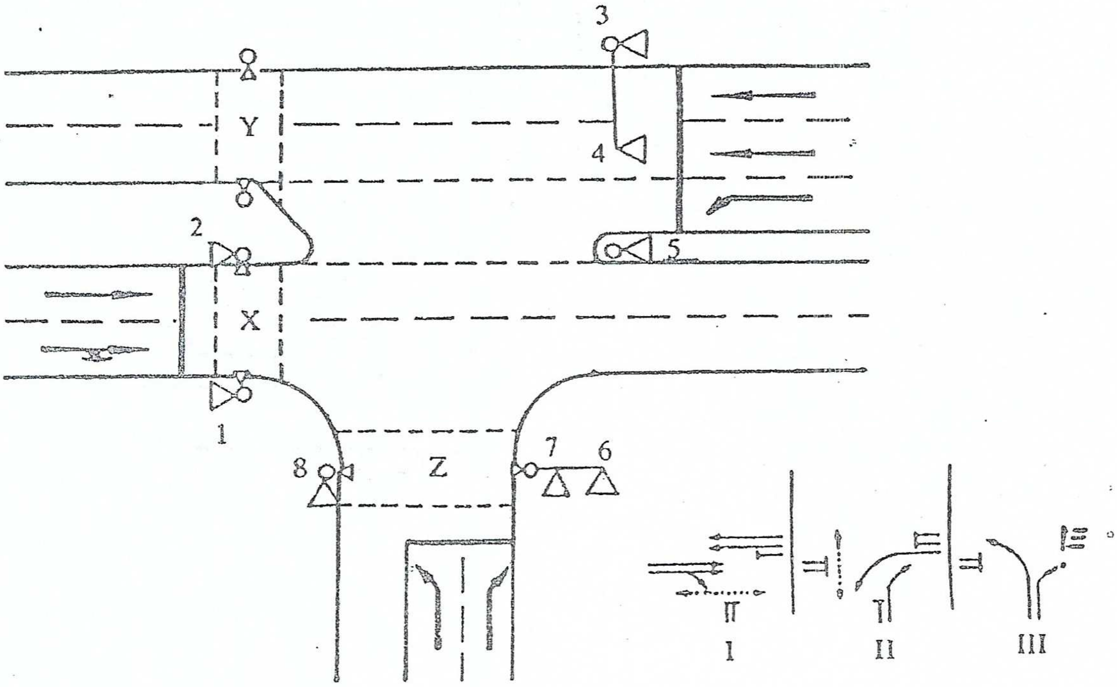
مثال ١

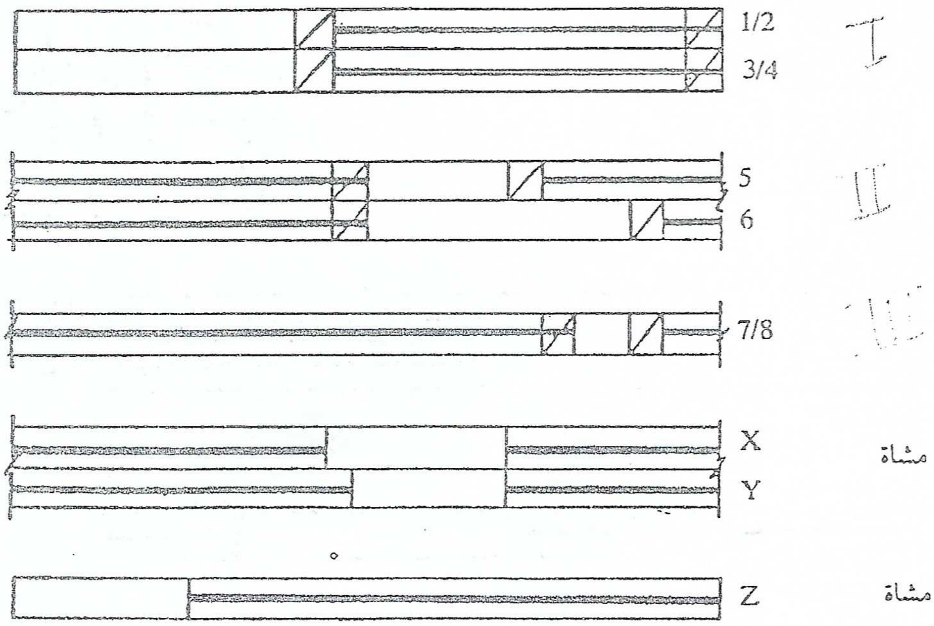




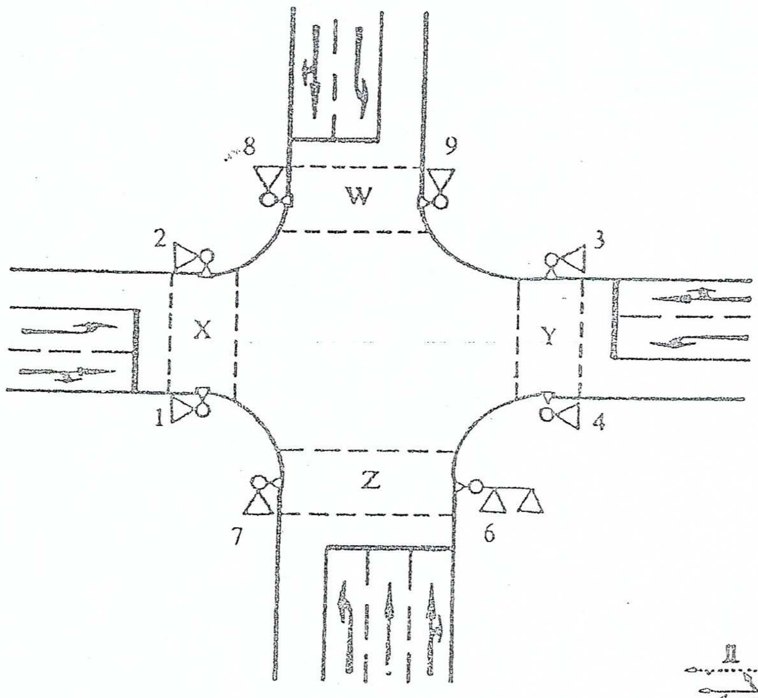


مثال ٢ :-

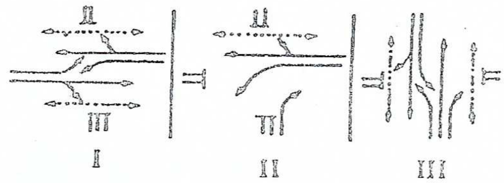




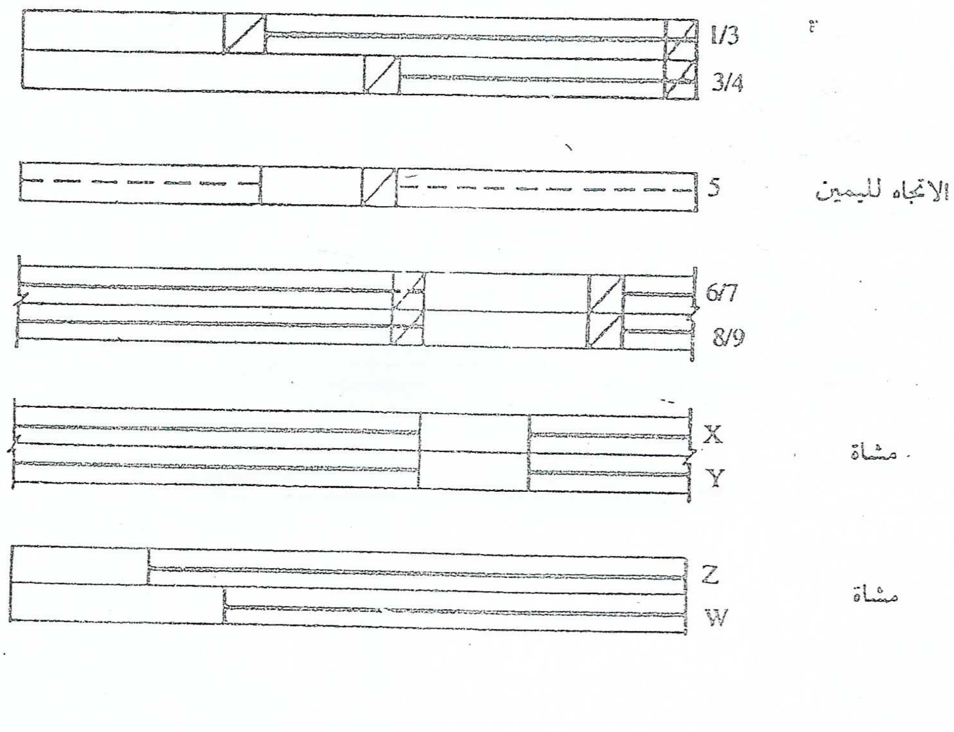
مثال ٣



8
9
W
2
3
X
Y
1
4
Z
7
6



I
II
III



1/3
3/4
5
الاتجاه لليمين
6/7
8/9
X
Y
مشاة
Z
W
مشاة

لحساب زمن الدورة يجب تحديد كل من :

- الزمن المفقود (L)
- حجم التشبع (S)

الزمن المفقود L

ويشمل زمن الضوء الأصفر وزمن الضوء الأحمر/الاصفر، كذلك الزمن الضائع نتيجة تغيير الأطوار ببرامج الإشارة، ويمكن تقدير الزمن المفقود بإستخدام المعادلة التالية:

$$L = 2n + R$$

حيث

n = عدد الأطوار

R = مجموع أزمنة الضوء (الأحمر/الأصفر)

حجم التشبع S

هو أقصى عدد من وحدات السير المكافئة PCU "Equivalent Passenger Car Unit" التي تعبر تقاطع ما في الحارة الواحدة فى إتجاه ما خلال ساعة واحدة (دون التأثر بالإشارة). ويمكن تحديد حجم التشبع عن طريق عد الأنواع المختلفة لوحدات السير المتحركة في إتجاه معين خلال فترة زمنية محددة بعد حوالى خمس ثوان من ظهور الضوء الأخضر لضمان عدم تأثرها بالإشارة، ثم يمكن حساب التشبع بإستخدام المعدلات التالية:

دراجة، دراجة بخارية	٠,٥	وحدة سير مكافئة
سيارة، تاكسي	١,٠	وحدة سير مكافئة
ميكروباس، نصف نقل	١,٥	وحدة سير مكافئة
أتوبيس، لوري	٢,٢٥	وحدة سير مكافئة
لوري بمقطورة	٣,٥٠	وحدة سير مكافئة
كارو	٦,٠٠	وحدة سير مكافئة

وفى حالة عدم إمكانية العد عند التقاطع، يمكن تقدير حجم التشبع النظري على طريق أفقي عرضه ٣,٠٠ - ٣,٥٠ متر للمرور الطوالي بحوالي ١٨٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة (فرضا)، ويتأثر حجم التشبع بكل من:

- عرض الطريق
- تركيبة المرور
- إنحدار الطريق
- نصف قطر منحنى الدوران (في حالة الإتجاه لليمين أو اليسار)

والجدول التالي يوضح معاملات التأثير على الحجم النظري للتشبع في حالة تغير عرض الطريق، تركيبة المرور، إنحدار الطريق، ونصف قطر منحنى الدوران.

المؤثرات	معامل التأثير
١- عرض الطريق	
٢,٥٠ متر	٠,٨٥
٢,٧٥ متر	٠,٩٠
٣,٠٠ - ٣,٥٠ متر	١,٠٠
٤,٠٠ متر أو أكثر	١,١٥
٢- تركيبة المرور	
١٠% لوريات	٠,٩٠
٢٠% لوريات	٠,٨٥
٣٠% لوريات	٠,٨٠
٣- إنحدار الطريق	
إنحدار صاعد ٥ %	٠,٨٥
إنحدار صاعد ٣ %	٠,٨٩
إنحدار هابط ٥ %	١,١٥
إنحدار هابط ٣ %	١,٠٩
٤- نصف قطر منحنى الدوران	
١٠ متر	٠,٨٠
١٥ متر	٠,٩٠
٢٠ متر	٠,٩٣
٣٠ متر	٠,٩٥

مثال

أحسب حجم التشبع في حالة وجود نسبة ٣٠% من اللوريات على طريق عرضه ٢,٧٥ متر

الحل

نفرض حجم التشبع النظري ١٨٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة

∴ حجم التشبع لطريق عرضة ٢,٧٥ متر = ١٨٠٠ × ٠,٨٠ × ٠,٩٠

= ١٢٩٦ وحدة سير مكافئة/الساعة

زمن دورة الإشارة C_o

لحساب زمن دورة إشارة مرور (بالثانية) يمكن إستخدام العلاقة التالية:

$$C_o = \frac{1.5\,L + 5}{1 - Y}$$

حيث

L = الزمن المفقود (بالثانية)

Y = مدى تشبع التقاطع

ويمكن حسنب مدى التشبع Y كما يلي:

١- النسبة y هى حجم المرور الفعلي q على حجم التشبع S لكل إتجاه بكل طور

$$y = q \div s$$

٢- يحدد y_{max} لكل طور

٣- يحسب Y من العلاقة التالية:

$$Y = \Sigma\, y_{max}$$

زمن الضوء الأخضر

يمكن حساب زمن الضوء الأخضر بكل طور من أطوار إشارة مرور من العلاقة التالية:

$$t_g = \frac{y_{max}(C_o - L)}{Y} - 1 \quad \text{(sec)}$$

٢-٣-٦ التأخيرات المتوقعة

يحسب متوسط زمن التأخيرات لكل وحدة سير عند تقاطع نتيجة وجود إشارات مرور ضوئية من العلاقة التقريبية الآتية:

$$t_w = 0.9\left(\frac{S\,(C - t_g)^2}{2C\,(S - q)} + \frac{1800\,q\,C^2}{t_g\,S\,(t_g\,S - q\,C)}\right)$$

حيث

t_w = متوسط التأخيرات لكل وحدة سير بالثانية

C = زمن الدورة بالثانية

t_g = زمن الضوء الأخضر بالثانية

q = حجم المرور الفعلي (وحدة سير/الساعة)

S = حجم التشبع (وحدة سير/الساعة)

وهنا يجب مراعاة أن وحدات حجم المرور الفعلي وحجم التشبع هو (وحدة سير/الساعة) ليست (وحدة سير مكافئة/الساعة).

مثال

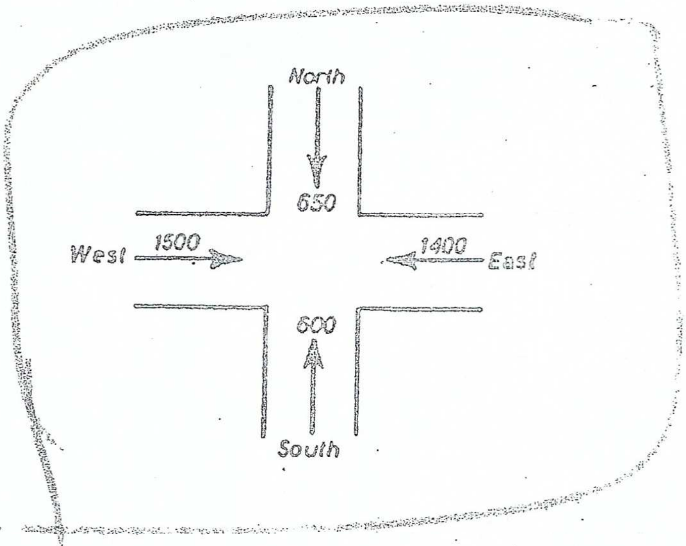
تقاطع طريقين على شكل (+) يتم التحكم في حركة إنسياب المرور عند التقاطع بإستخدام إشارة مرور ضوئية ثنائية . الجدول يوضح أحجام المرور الفعلية وأحجام التشبع للإتجاهات المختلفة

	الشمال	الجنوب	الشرق	الغرب
حجم المرور الفعلي (q)	٦٥٠	٦٠٠	١٤٠٠	١٥٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة
حجم التشبع (S)	١٨٥٠	١٩٠٠	٣٨٥٠	٣٨٥٠ وحدة سير مكافئة/الساعة

المطلوب

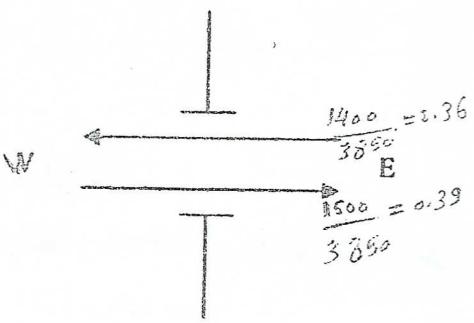
١- حساب الأزمنة المختلفة لدورة هذه الإشارة، إذا علم أنه غير مصرح عند هذا التقاطع بالاتجاه إلى اليمين أو إلى اليسار

٢- أحسب متوسط زمن التأخيرات لكل وحدة سير في الاتجاه من الشمال للجنوب نتيجة هذه الإشارة



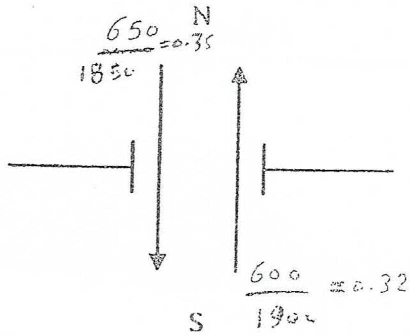
الحل

	N	S	E	W
q (PCU)	650	600	1400	1500
S(PCU)	1850	1900	3850	3850
$y = q \div S$	0.35	0.32	0.36	0.39
y_{max}	0.35		0.39	
$Y = \Sigma y_{max}$	0.74			



الطور الثانى

$Y_{max_2} = 0.39$



الطور الأول

$Y_{max_1} = 0.35$

بفرض أن زمن الضوء الأصفر "٣"

زمن الضوء أحمر/أصفر "٢"

$R = 3 + 2 = 5\,\text{sec}$

$n = 2$

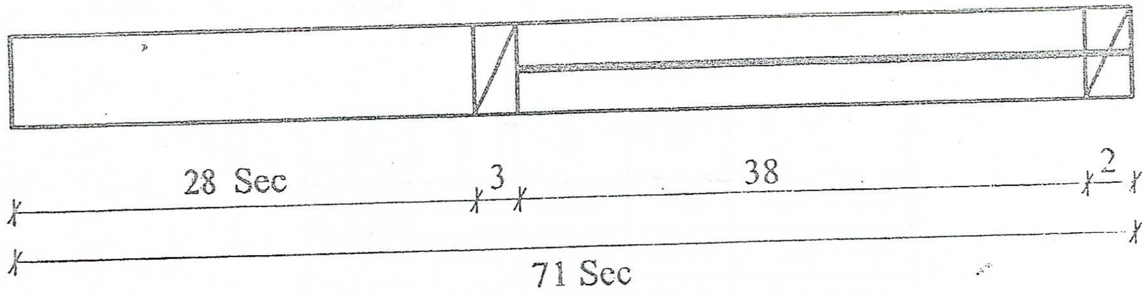
إشارة المرور ثنائية

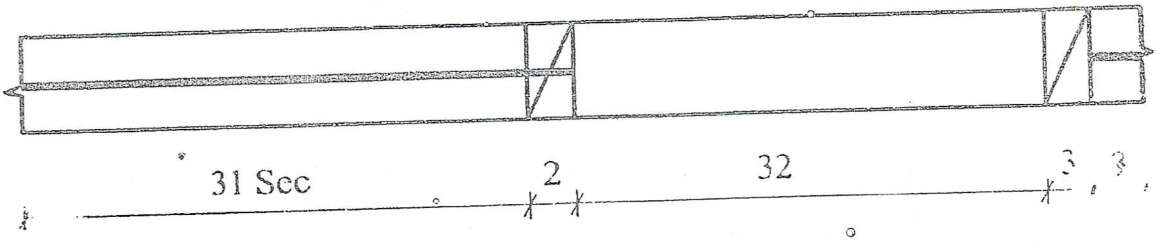
$L = (2 \times 2) + 5 = 9\,\text{sec.}$

$C_o = [(1.5 \times 9) + 5\,] \div (1 - 0.74) = 71\,\text{sec}$

$$t_g\,NS = \frac{0.35\,(71-9)}{0.74} - 1 = 28\,\text{sec}$$

$$t_g\,EW = \frac{0.39\,(71-9)}{0.74} - 1 = 32\,\text{sec}$$





حساب متوسط زمن التأخيرات لوحدة السير في الإتجاه من الشمال للجنوب، بفرض أن وحدة سير مكافئة = ١,١٢ وحدة سير

$$q_{NS} = 650 / 1.12 = 850 \text{ Veh./h}$$

$$S_{NS} = 1850 / 1.12 = 1650 \text{ Veh./h}$$

$$t_{w\,NS} = 0.9 \left\{ \frac{1650(71-28)^2}{2 \times 71(1650-580)} + \frac{1800 \times 580 \times (71)^2}{28 \times 1650 \left[(28 \times 1650) - (580 \times 71) \right]} \right\}.$$

= 39 seconds delay per Vehicle

يقصد بنظام الموجة الخضراء على طريق ما هو وجود تنسيق بين برامج إشارات المرور عند جميع تقاطعات الطريق، بحيث تتحرك دفعات (موجات) من وحدات السير عليه دون الحاجة للتوقف بسبب إشارات المرور، فتكون أضواء إشارات المرور أمام كل موجة من وحدات السير دائماً خضراء .

ولتحقيق ذلك يفترض أن موجات وحدات السير في الاتجاهين على الطريق الرئيسي تتحرك بسرعة إنسياب ثابتة (سرعة الموجة) V.

وبذلك يكون للإشارات على جميع التقاطعات على الطريق نفس الدورة C، كذلك يكون زمن الضوء الأخضر (عرض الموجة) t_{gH} ثابت لإتجاهي الحركة على الطريق الرئيسي.

وهذا ويستغل جزء من الضوء الأحمر لإتجاهي الحركة على الطريق الرئيسي كزمن الضوء الأخضر t_{gL} للمرور القادم من الطريق العرضية.

العلاقة بين زمن الدورة C (بالثانية)، سرعة الموجة V (كم/الساعة)، والمسافة بين محاور الطرق العرضية L (بالمتر) - بفرض أنها متساوية:

$$C = 7.2\ L / V$$

عرض الموجة الخضراء t_{gH} (بالثانية):

$$t_{gH} = \left(\frac{M_H \times C}{3600} + Z\right) \times t_a$$

حيث :

M_H = حجم المرور لكل حارة على الطريق الرئيسي (وحدة سير/الساعة)

Z = معامل أمان (يؤخذ ٢ - ٣ ثانية)

t_a = زمن تتابع وحدات السير على الطريق الرئيسي (تفرض ٢ ثانية)

زمن الضوء الأخضر للمرور القادم من كل طريق عرضي t_{gL} (بالثانية):

$$t_{gL} = C - t_{gH} - 2t$$

حيث t = الزمن البيني بين الضوء الأخضر للمرور على الطريق الرئيسي وبداية الضوء الأخضر للمرور القادم من الطريق العرضية (يؤخذ ٥ - ٧ ثانية)

ولضمان تصريف أحجام المرور القادمة من الطرق العرضية، فإن أقل زمن ضوء أخضر لإشارات مرور الطرق العرضية $t_{gL\ min}$ (بالثانية) يمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$t_{gLmin} = \left(\frac{M_L \times C}{3600}\right) . t_a$$

حيث M_L = حجم المرور لكل حارة بالطريق العرضية (وحدة سير/الساعة).

مثال

مطلوب رسم العلاقة بين المسافة والزمن لنظام الموجة الخضراء على طريق رئيسي، المسافة بين الطرق العرضية عليه متساوية وقيمتها ٥٠٠ متر، إذا علم أن سرعة الموجة ٤٥ كم/الساعة، حجم المرور على الطريق الرئيسي ٤٠٠ وحدة سير/الساعة/الاتجاه، حجم المرور على الطرق الفرعية متساوية و قيمة كل منها ٢٢٥ وحدة سير/الساعة/الإتجاه.

الحل

$$C = 7.2 \times 500 / 45 = 80 \text{ sec.}$$

$$tgH = \left(\frac{400 \times 80}{3600} + 3\right) \times 2 = 24 \text{ sec.}$$

$$t_{gL} = 80 - 24 - 2\ (7) = 42 \text{ sec.}$$

$$t_{gLmin} = \left(\frac{225 \times 80}{3600}\right) \times 2 = 10 \text{ sec.}$$

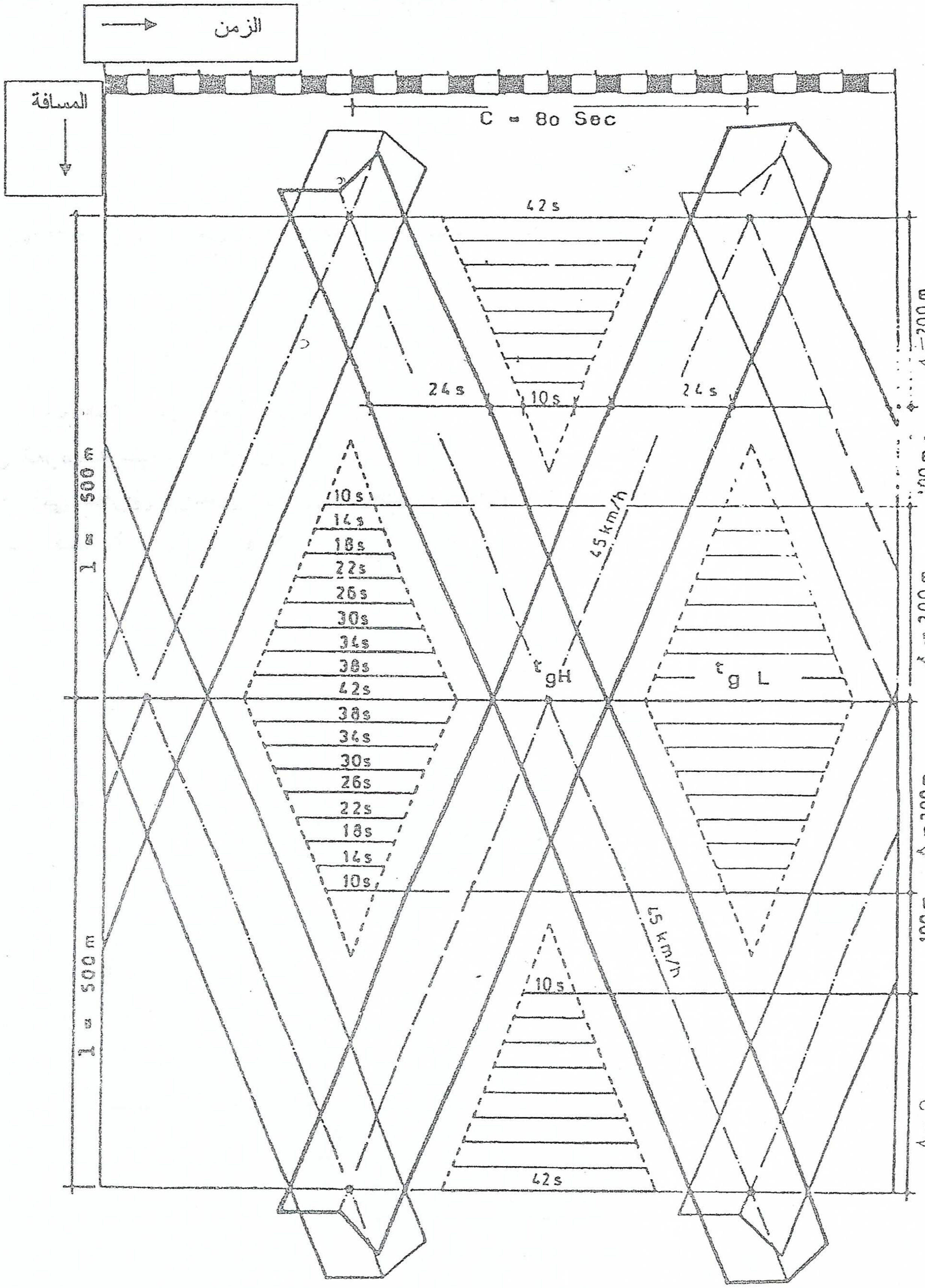
$$t_{gl_{min}} = t_{gL} - 7.2 \frac{\Delta l_{max}}{V}$$

$$10'' = 42'' - 7.2 \frac{\Delta l_{max}}{45}$$

$$\boxed{\Delta l_{max} = 200m}$$

$$l_{max} = l + 2 \Delta l_{max} = 500 + 2 * 200 = 900m$$ ١٠٨

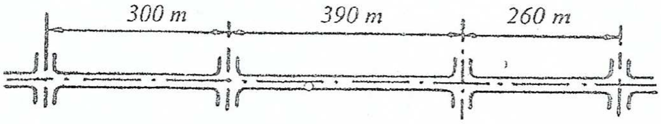
$$l_{min} = l - 2 \Delta l_{max} = 500 - 2 * 400 = 100m$$

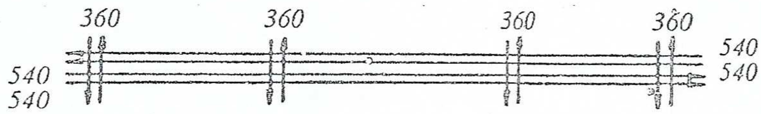


العلاقة بين الزمن والمسافة، الموجة الخضراء

مثال

طريق رئيسي مكون من حارتين لكل إتجاه، يتقاطع معه مجموعة من الطرق العرضية، المسافة بين المرور وأحجام المرور وحدة سير/الساعة) موضحة بالشكل التالي:





تحقق من إمكانية تطبيق نظام الموجة الخضراء بالشكل السابق، إذا علم أن سرعة الموجة الخضراء ٥٠ كم/الساعة (١٤ متر /الثانية)، وزمن الدورة ٥٠ ثانية.

الحل

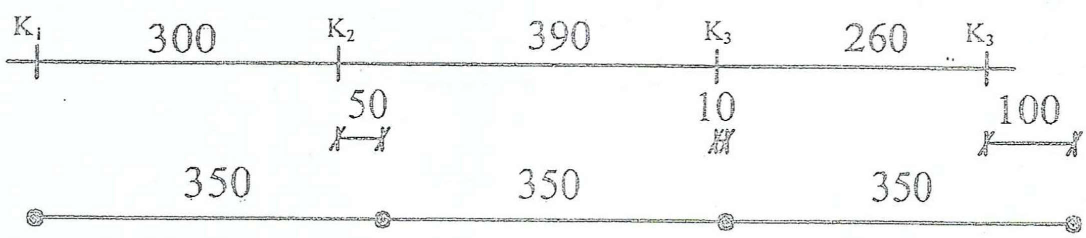
$$t_{gH} = \left(\frac{450 \times 50}{3600} + 2 \right) \times 2 = 19 \text{ sec.}$$

$$t_{gL} = 50 - 19 - 2(5) = 21 \text{ sec.}$$

$$t_{gLmin} = \frac{360 \times 50}{3600} \times 2 = 10 \text{ sec.}$$

$$L = 50 \times 50 / 7.2 = 347.2\ m$$

تؤخذ ٣٥٠ متر



المحاولة الأولى لتطبيق نظام الموجة الخضراء

$K_1 \rightarrow \Delta L = 0\ m$ $\qquad t_{gL1} = 21\ sec$

$K_2 \rightarrow \Delta L = 50\ m$ $\qquad t_{gL2} = 21 - (2 \times 50 / 14) = 13\ sec$

$K_3 \rightarrow \Delta L = 10\ m$ $\qquad t_{gL3} = 21 - (2 \times 10 / 14) = 20\ sec$

$K_4 \rightarrow \Delta L = 100\ m$ $\qquad t_{gL4} = 21 - (2 \times 100 / 14) = 6.5\ sec. < t_{gL}\ min$

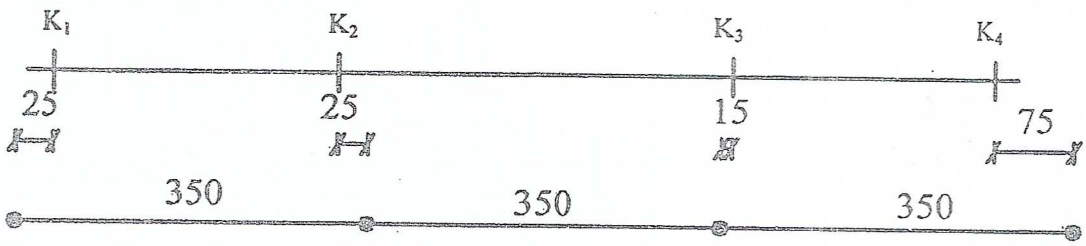
وعلى ذلك يكون هذا النظام غير مناسب

المحاولة الثانية لتطبيق نظام الموجة الخضراء

$$K_4 \rightarrow t_{gL\,min} = 10\ sec = 21 - (2 \times \Delta L / 14)$$

$$\Delta L = 77\ m$$

تؤخذ ΔL = ٧٥ متر للأمان



$K_1 \rightarrow \Delta L = 25\ m$ $\qquad t_{gL1} = 21 - (2 \times 25 / 14) = 17\ sec$

$K_2 \rightarrow \Delta L = 25\ m$ $\qquad t_{gL2} = 17\ sec$

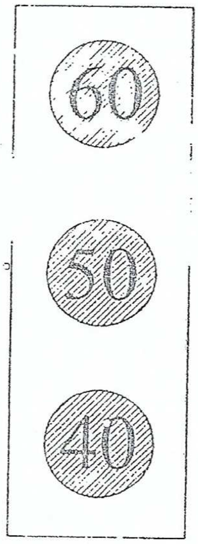
$K_3 \rightarrow \Delta L = 10\ m$ $\qquad t_{gL3} = 21 - (2 \times 10 / 14) = 19 sec$

$K_4 \rightarrow \Delta L = 75\ m$ $\qquad t_{gL4} = 21 - (2 \times 75 / 14) = 10 sec$

ملحوظة

فى حالة وجود جزء من طريق بين تقاطعين، يختلف طوله كثيرا عن باقي أجزاء الطريق، مما يجعل هناك صعوبة فى تنفيذ نظام الموجة الخضراء بالإسلوب سابق الذكر، في هذه الحالة يَمكن

تغيير سرعة الموجة الخضراء على هذا الجزء فقط بحيث يتساوى زمن المسير عليه مع أزمنة المسير على باقي أجزاء الطريق، ويعلن ذلك عن طريق إشارة تحديد السرعة.



توصيات

- في أوقات الذروة، سرعة الموجة = ٤٠ كم / ساعة، زمن الدورة ٩٠ ثانية
- في خارج أوقات الذروة، سرعة الموجة = ٧٠ كم /ساعة، زمن الدورة ٦٠ ثانية
- ليلاً، سرعة الموجة = ٩٠ كم /الساعة، زمن الدورة ٤٠ ثانية

القواعد الواجب توافرها قبل تنفيذ نظام الموجة الخضراء

القواعد الإنشائية

- توافر حارتين على الأقل لكل إتجاه، عرض الحارة أكبر من ٣ متر
- توافر حارات خاصة للإتجاه لليمين واليسار
- حالة الرصف ممتازة
- فى حالة وجود ترام، يجب أن تكون معزولة المسار تماماً

القواعد التنظيمية

- ممنوع وجود أماكن إنتظار للسيارات أو وقوفها نهائياً
- ممنوع السير بسرعة أقل من سرعة الموجة الخضراء المعلنة عن طريق إشارات تحديد السرعات
- ممنوع الإتجاه لليسار في حالة عدم وجود حارات خاصة للإتجاه لليسار.
- ضرورة تقسيم الطريق إلى حارات بخطوط بيضاء واضحة.

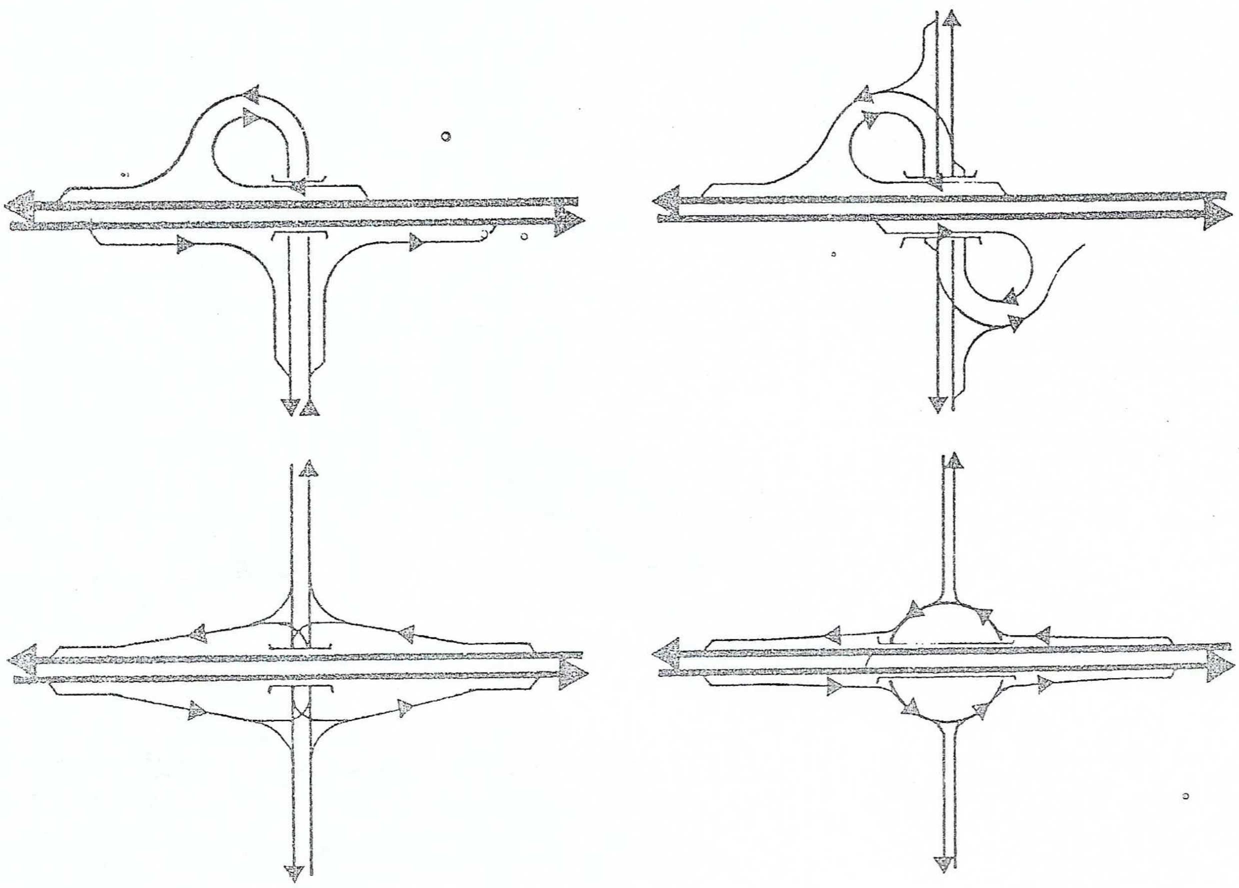
القواعد المرورية

- يجب توافر إشارات مرور ضوئية على كل تقاطع

- يجب توافر إشارات تحديد السرعات على كل تقاطع
- يجب أن يكون عدد الأطوار بكل برنامج للإشارات أقل ما يمكن.

٥-٢ تقاطعات على مستويات رأسية – أمثلة تخطيطية (شكل ١٢)

Grade-separated Junctions



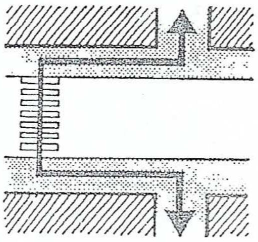
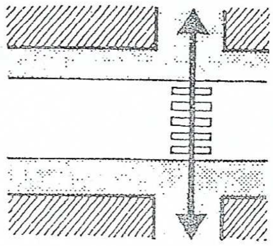
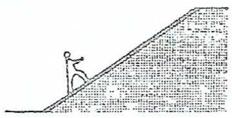
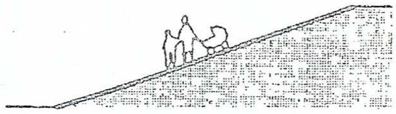
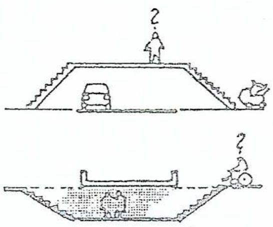
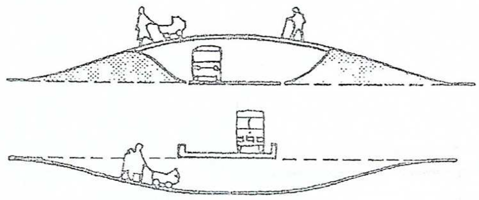
شكل ١٢: أمثلة للتقاطعات على مستويات رأسية

Pedestrian المشاة

٣-١ مرافق المشاه (شكل ١٣)

Pedestrian Facilities مرافق المشاة

- الأرصفة، شوارع المشاه
- ممرات عبور المشاه عند التقاطعات
- السلالم الثابتة والسلالم المتحركة

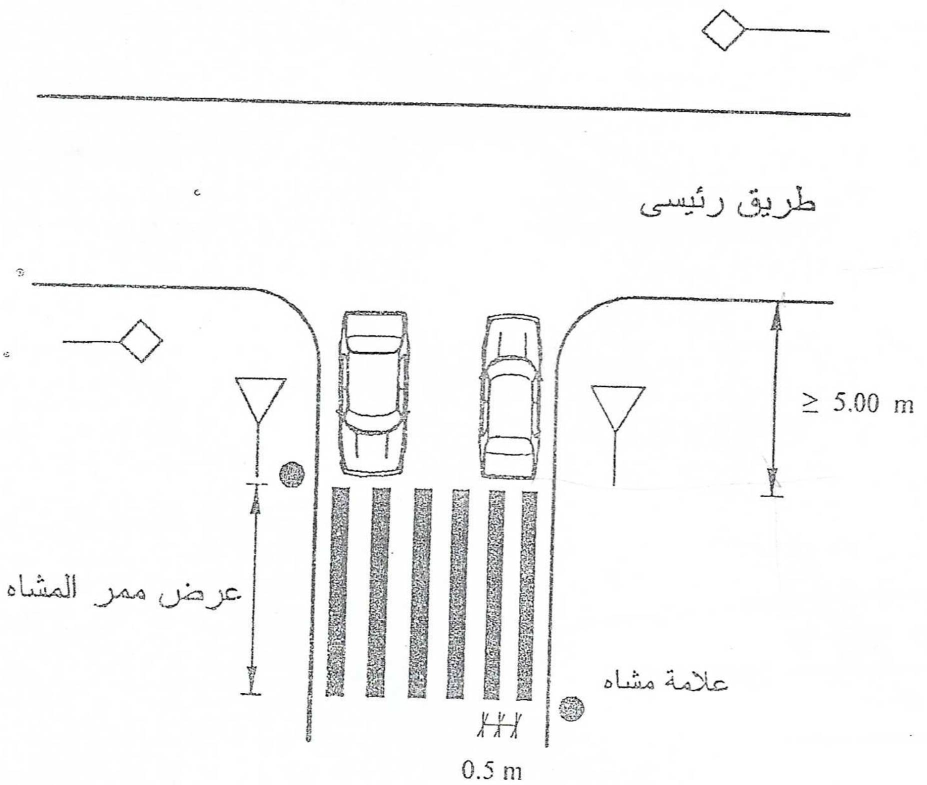
مرافق المشاه	حل غير مفضل	حل أفضل
ممرات عبور		
منحدر		
كبارى وأنفاق		

شكل ١٣ : مرافق المشاه

أقل عرض للأرصفة بالطرق المختلفة (بالمتر) Sidewalks

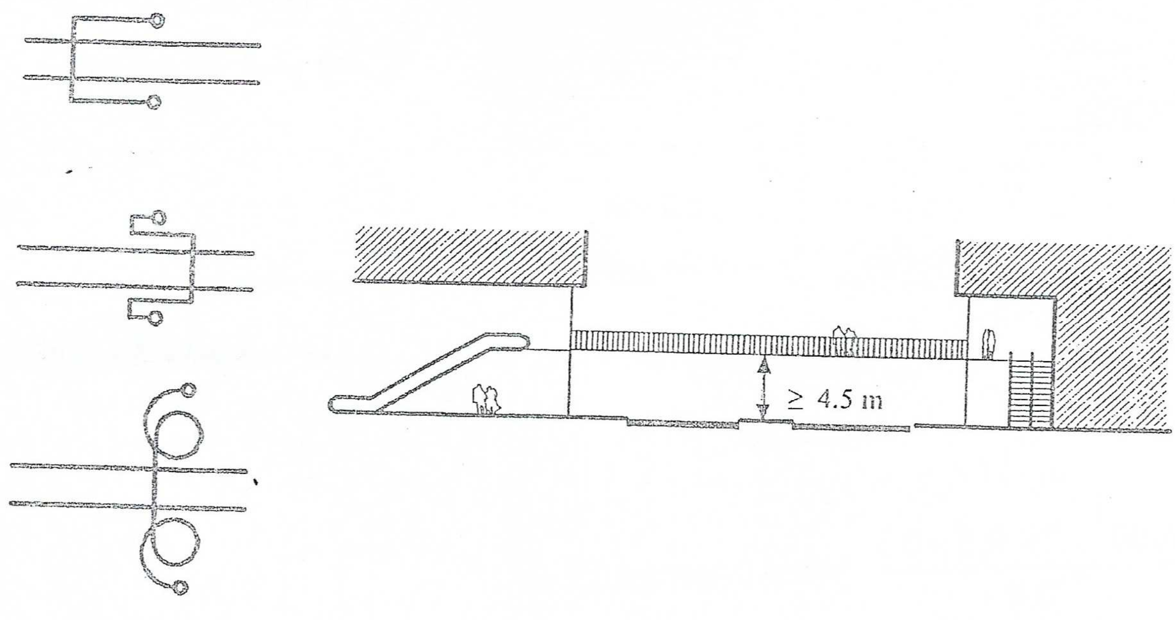
	بوسط المدينة	خارج المدينة	بالضواحي
طرق سريعة	٤,٠٠	٣,٠٠	٢,٠٠
طرق رئيسي	٣,٠٠	٣,٠٠	٣,٠٠
طرق تجميع	٣,٠٠	٣,٠٠	٣,٠٠
طرق محلية	٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٠٠

ممرات عبور المشاه (شكل ١٤)



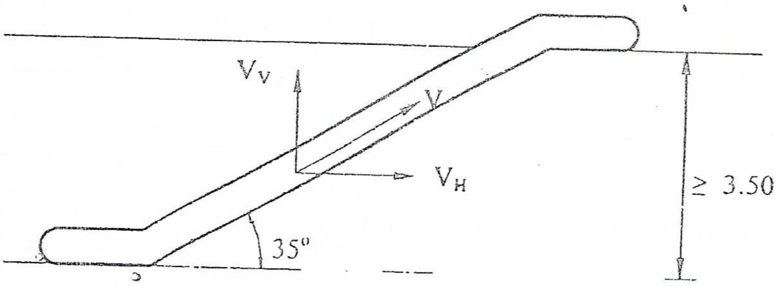
شكل ١٤: ممر عبور مشاه عند تقاطع

كباري المشاه (شكل ١٥)



شكل ١٥: كباري المشاه

السلالم المتحركة (شكل ١٦)



شكل ١٦: السلالم المتحركة

سعة السلم المتحرك (شخص/الساعة)

$$C = \frac{3600\ P\ V_H\ F}{a}\ \text{(person/h)}$$

حيث

P = عدد الأشخاص الواقفون على درجة السلم الواحدة

(سلم عرض ٠,٦ متر لشخص واحد، سلم عرض ١ متر لعدد ٢ شخص)

V_H = سرعة التحرك الأفقى (متر/ث)

F = نسبة مشغولية السلم

a = إرتفاع درجة السلم (متر)

مثال

إحسب سعة سلم متحرك عرض ١ متر، يتحرك بسرعة ٠,٥ م/ث (أفقيا)، نسبة المشغولية ٥٠ %، إرتفاع درجة السلم ٠,٤ متر .

الحل

$$C = \frac{3600 \times 2 \times 0.5 \times 0.5}{0.4} = 4500\ \text{(person/h)}$$

٢-٣ كثافة حركة المشاه (D) Pedestrian Density

تعرف كثافة حركة المشاه بأعداد المواطنين المتحركين المتواجدين فى لحظة واحدة على مساحة متر مربع واحد.

تتراوح كثافة المشاه في العادة بين صفر – ٣ مواطن/م^{٢}، والكثافات الأعلى من ذلك تعني التزاحم وعدم القدرة على التحرك بسهولة.

السرعة المتوسطة لتحرك المشاه (V) Walking Speed

تتوقف سرعة المسير على السن، الجنس، الغرض من الرحلة، إنحدار الطريق.

أمثلة لقيم السرعة المتوسطة في حالة كثافة ٠,٣ مواطن /م^{٢}:

سيدات بأطفال	٠,٧ م/ث
أطفال بين ٦ – ١٠ أعوام	١,١ م/ث
سيدات أكبر من ٥٠ عام	١,٣ م/ث
سيدات أصغر من ٥٠ عام	١,٤ م/ث
رجال أكبر من ٥٠ عام	١,٦ م/ث
رجال أصغر من ٥٠ عام	١,٧ م/ث
شباب	١,٨ م/ث

العلاقة بين الكثافة والسرعة

$$M = 60\ V\ D$$

M = المشغولية (مواطن/الدقيقة. متر)

V = السرعة (متر/ث)

D = الكثافة مواطن/م^{٢}

٣-٣. حساب إحتياجات مرافق المشاه

سعة مرفق للمشاه

$$M = 60\ V\ D\ B$$

M = سعة المرفق (مواطن/الدقيقة)

B = عرض المرفق (بالمتر)

العرض النافع لمرفق مشاه

$$B_N = \frac{M_d}{60\ V\ D}$$

M_d = المشغولية التصيميمة (مواطن/الدقيقة)

= ١,٦٥ × المشغولية من الرصد الميداني.

زمن الضوء الأخضر للمشاه عند إشارة مرور ضوئية

Pedestrian Green Time at Traffic Signals

(٣) كثافة التزاحم للمتر الطولي بمنطقة الإنتظار أمام إشارة مرور للمشاه (مواطن/المتر)

$$r = \frac{m \cdot C}{B}$$

m = سرعة إنسياب حركة المشاه (مواطن/الثانية)

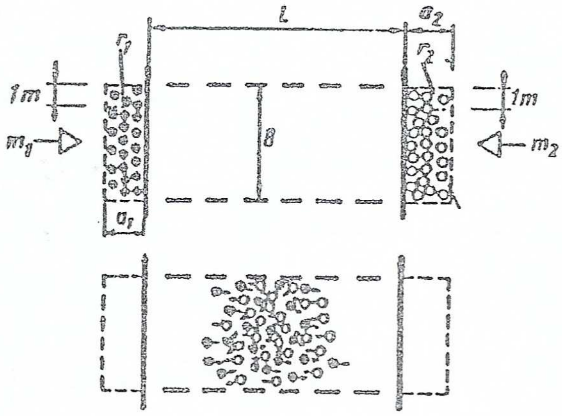
C = زمن دورة الإشارة

ملحوظة:

كما فى الشكل التالى تحسب أولا m_1 & m_2 (سرعة إنسياب حركة المشاه فى الإتجاهين). $m_1 = m$ أو m_2 أيهما أكبر

زمن الضوء الأخضر للمشاه

$$t_g = 0.5\ r + 4\ (sec)$$



أمثله

السعة ٥

١. المطلوب حساب عرض نفق مشاه في حالة مشغولية تصميمية ٨٦٠ مواطن/١٠ دقائق، سرعة إنسياب حركة المشاه ١,٣٠ م/ث، كثافة الإنسياب ٠,٣ مواطن/م٢

الحل

$$B=\frac{86}{60\times1.3\times0.3}=3.7\,m$$

عرض النفق = ٣,٧ متر + ١,٣ متر إحتياطي = ٥ متر

٢. المطلوب حساب زمن الضوء الأخضر للمشاه عند إشارة مرور ضوئية، إذا علم أن المشغولية التصميمية ٢٧٠ مواطن/١٠ دقائق، عرض ممر المشاه = ٥ متر، طول الممر = ٨ متر، زمن دورة الإشارة ٤٠ ثانية

الحل

$$m=270/(60\times10)=0.45\ person/\sec$$

$$r=0.45\times40/5=3.6\ person/meter$$

$$t_g=0.5\times3.6+4=5.8\sec$$

تؤخذ ٦ ثانية

٤-١ الحاجة لأماكن إنتظار السيارات Parking Demand

يتوقف مقدار الحاجة لأماكن إنتظار السيارات لعوامل كثيرة أهمها:

- عدد السيارات الخاصة وعدد مرات إستخدامها
- مستوى المعيشة
- نوع إستخدامات الأراضي (مناطق سكنية، مناطق صناعية، وسط المدينة،...)

الجدول التالي يعرض بصفة عامة توصيات لعدد أماكن الإنتظار اللازمة وفقا للإستخدام:

نوع الإستخدام	مكان إنتظار واحد لكل
مناطق سكنية	٢ – ٥ شقة
محلات تجارية أو حرفية	٣٠ – ٥٠ م٢
مكاتب	٤٠ – ٨٠ م٢
مصانع	٦٠ – ١٢٠ م٢
فنادق	١ – ١٠ سرير
مطاعم ومقاهي	٢ – ٢٠ مقعد
مسارح وسينما	٣ – ١٠ مقاعد
استاد رياضي	٥ – ٣٠ مشاهد

إن مشاكل الإنتظار بمنطقة وسط المدينة (كذلك مراكز المدينة الثانوية) بجميع مدن العالم الكبرى تتولد نتيجة عدم إمكانية توفير عدد من أماكن الإنتظار كافية لتغطية جميع إحتياجات أصحاب السيارات الخاصة، نظراً لعدم وجود المساحات الأرضية اللازمة وإرتفاع سعر الأراضي.

ومن جهة أخرى، فإن منطقة وسط المدينة تعتبر مركز تجمّع أنشطة الخدمات، حيث يتردد عليها من الزوار (المقيمين خارج منطقة وسط المدينة) لأزمنة قصيرة وذلك لقضاء المصالح الشخصية أو قضاء وقت الفراغ. ويبلغ أعداد الزائرين عشرات المرات أعداد العاملين بمنطقة وسط المدينة.

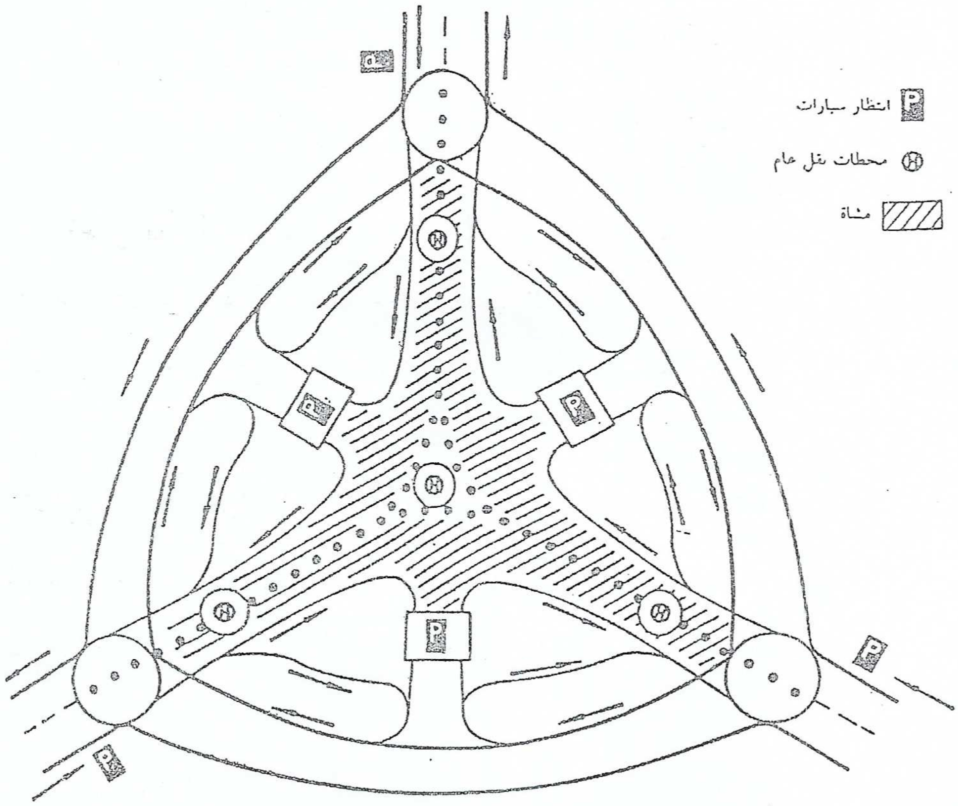
ويترتب عن عدم إمكانية تغطية إحتياجات أماكن إنتظار السيارات:

- تولد مرور إضافي للبحث في أماكن إنتظار
- الإنتظار العشوائي (في الممنوع، على الأرصفة، صف ثاني، .....)، مما يتسبب في خلق مشاكل مرور إضافية، ويشوه صورة منطقة وسط المدينة

إن ترك الأمر على ما هو عليه يخلق مضايقات مستمرة لأصحاب السيارات بل قد يؤدي في النهاية إلى عزل منطقة وسط المدينة وحرمان كثيراً من المواطنين منْها، أو حرمانها من الكثير من المواطنين. وعلى هذا فإن استراتيجية تخطيط نظم المرور بمنطقة وسط المدينة يجب أن تتضمن (شكل ١٧):

- إنشاء طريق دائري حول وسط المدينة
- إمتداد خدمة خطوط النقل العام إلى داخل منطقة وسط المدينة
- إنشاء مناطق للمشاة فقط
- إنشاء شبكة طرق إتجاه واحد داخل المنطقة وتخصيص أماكن لإنتظار السيارات بجوار الأرصفة
- تحديد مواقع لجراجات متعددة الأدوار (علوية أو سفلية)، حول منطقة وسط المدينة للإنتظار طويل المدى، وداخل المنطقة للإنتظار قصير المدى. ويفضل أن يكون مواقع الجراجات بجوار محطات النقل العام Park and Ride (P +R) .

إركن سيارتك واركب النقل العام



شكل ١٧: إستراتيجية ترتيب مرافق النقل بمنطقة وسط المدينة

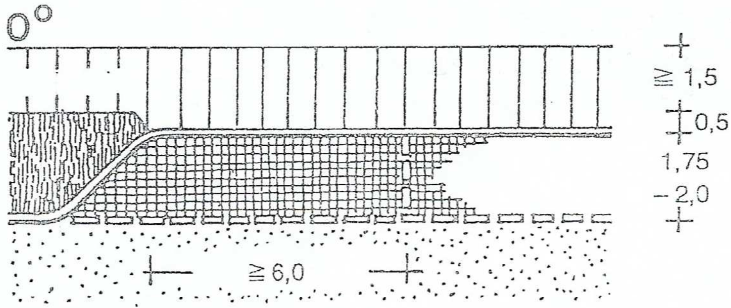
ويتم تحديد عدد أدوار الجراجات متعددة الأدوار وعدد أماكن الإنتظار بالساحات، ليس فقط لتغطية إحتياجات أصحاب السيارات الخاصة للإنتظار، بل يجب أيضاً مراعاة السعة القصوى لشبكة الطرق بالمنطقة لإستيعاب أعداد السيارات الموجودة فى أماكن الإنتظار إذا ما غادرت جميعها الجراجات والساحات في وقت واحد (عند حدوث حريق، مثلاً).

ونظراً لأنه في الغالب لا توجد الإستثمارات الكافية لإنشاء العديد من الجراجات متعددة الأدوار وعدم إمكانية تغطية إحتياجات جميع طلبات الإنتظار بوسط المدينة، فمن الضروري إتباع سياسة تعريفة الإنتظار المتغيرة وفقاً لزمن الإنتظار (تزداد مع زيادة زمن الإنتظار).

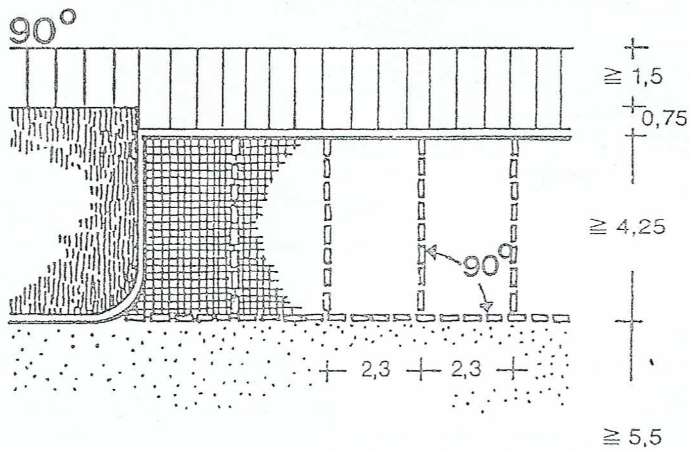
٤-٢ تخطيط أماكن الإنتظار

أولاً - على الطريق (شكل ١٨)

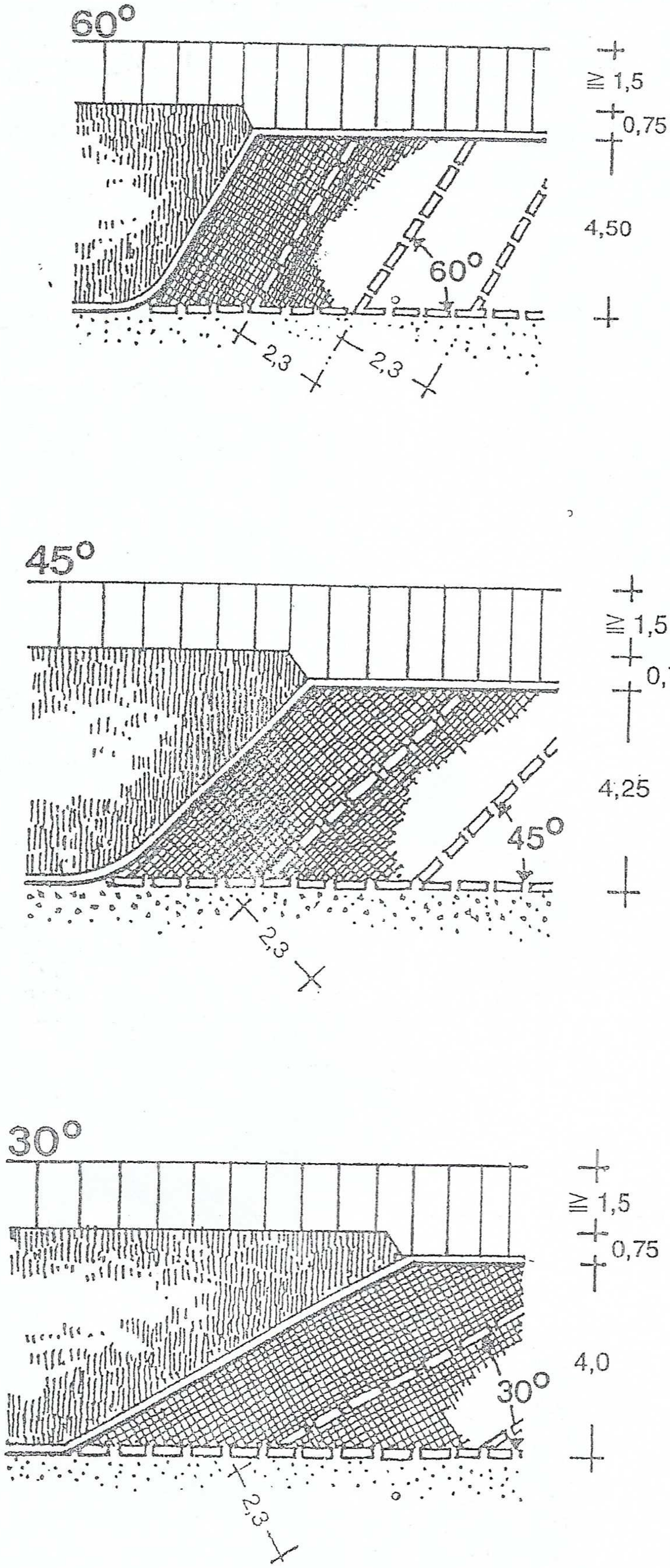
موازي للرصيف، عمودي على الرصيف، مائل على الرصيف ٦٠°، ٤٥° ، ٣٠°.



موازى للرصيف

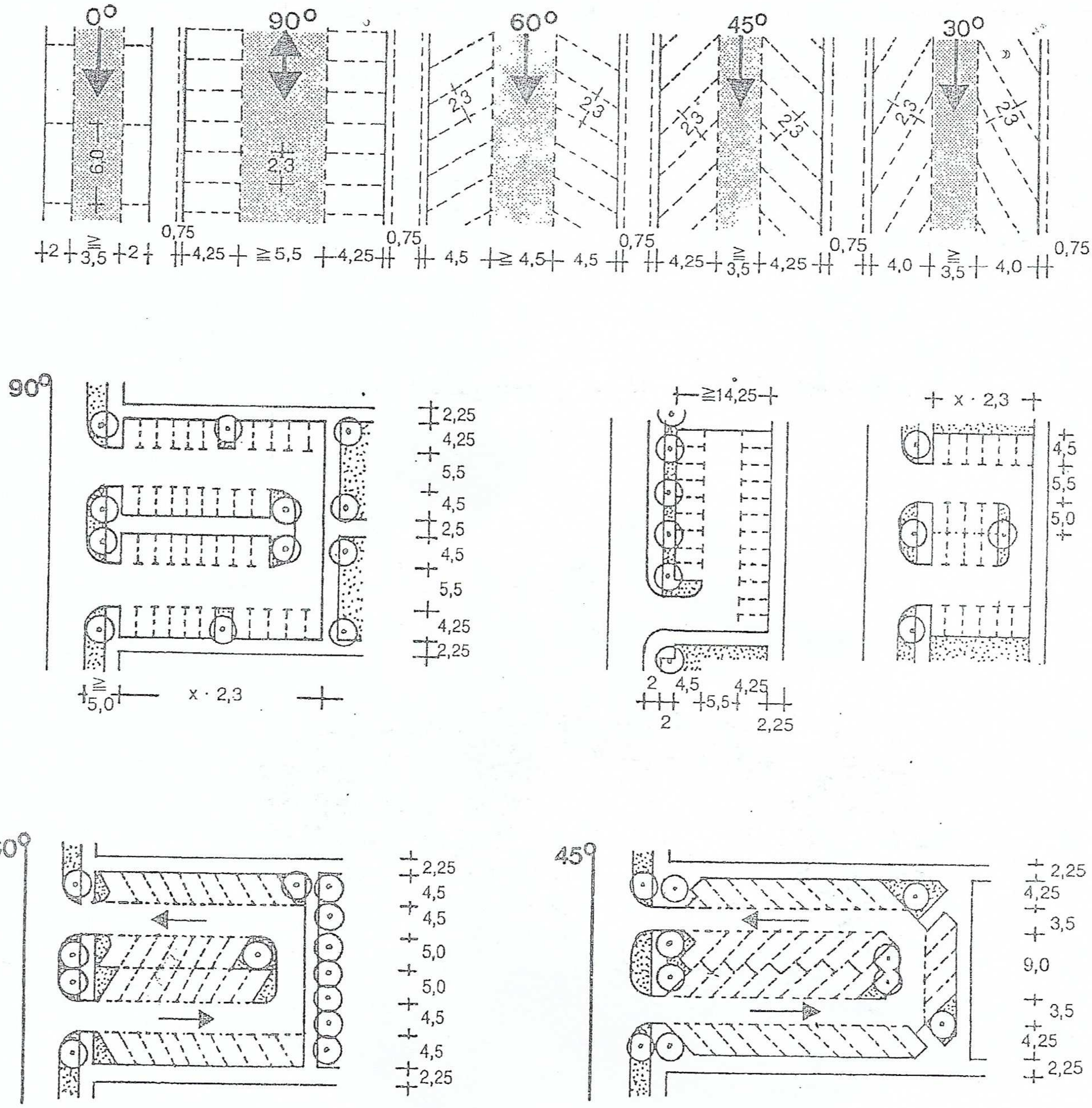


عمودى على الرصيف



شكل ١٨ : أماكن الإنتظار على الطريق

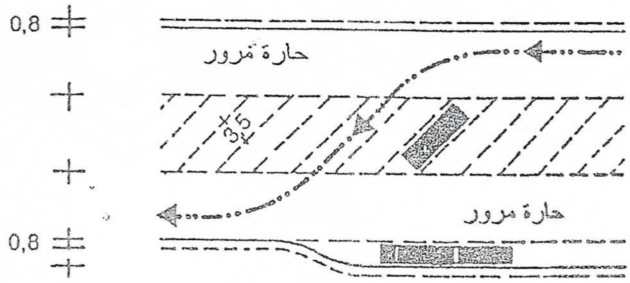
١- في ساحات مكشوفة أو مغطاة (شكل ١٩)



شكل ١٩: ساحات إنتظار السيارات

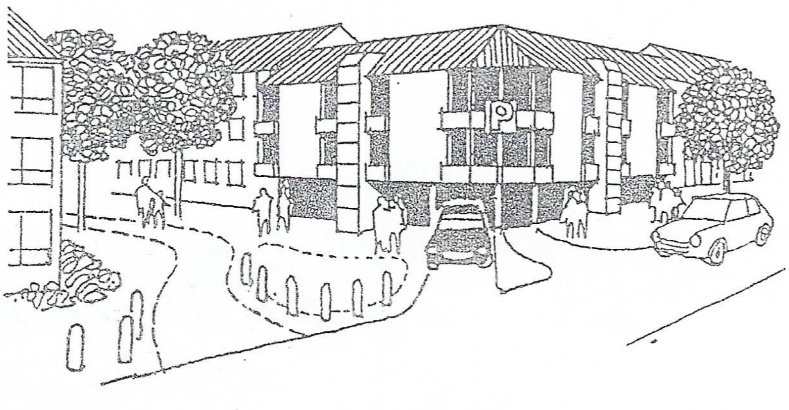
أماكن إنتظار سيارات النقل والأتوبيسات (شكل ٢٠)

نقل بمقطورة	أتوبيس ونقل	ميني باص ونصف نقل
8,00 m	7,50 m	5,50 m
15,00 m	10,00 m	7,50 m
8,00 m	7,50 m	5,50 m
3,00 m	انتظار موازي للرصيف	



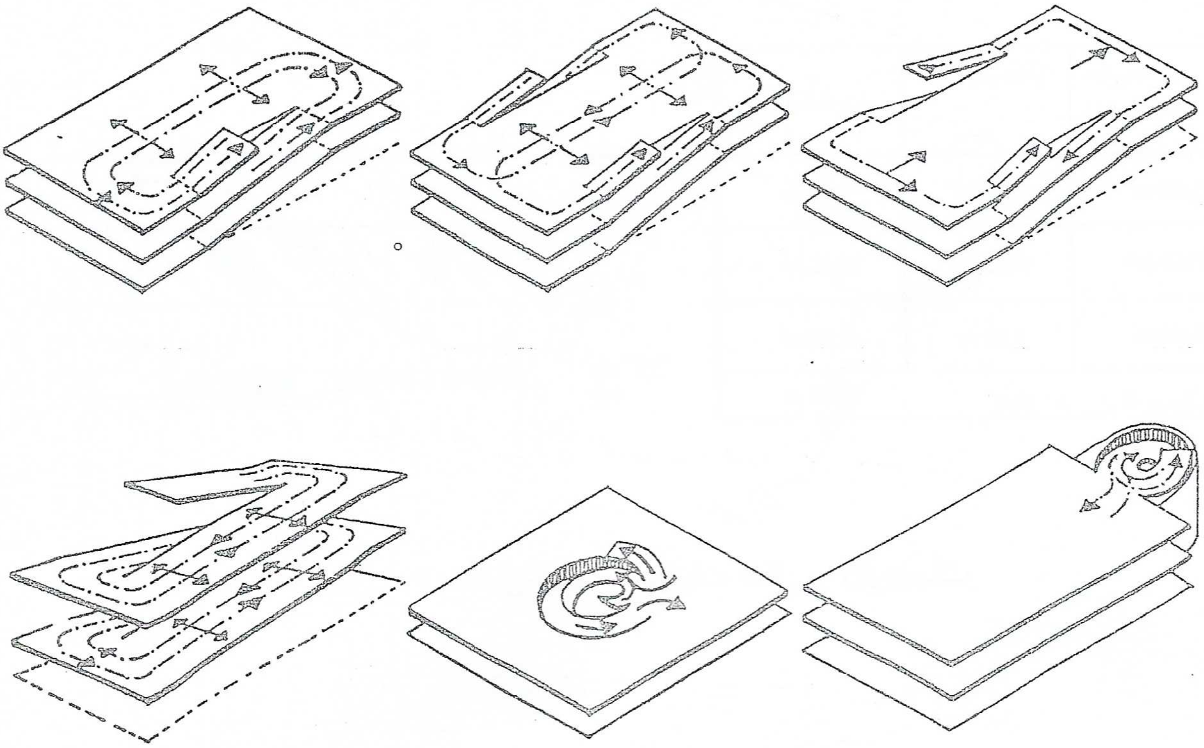
شكل ٢٠: أماكن إنتظار سيارات النقل والأتوبيسات

٢ - في جراجات متعددة الأدوار (شكل ٢١)



شكل ٢١: الجراجات متعددة الأدوار

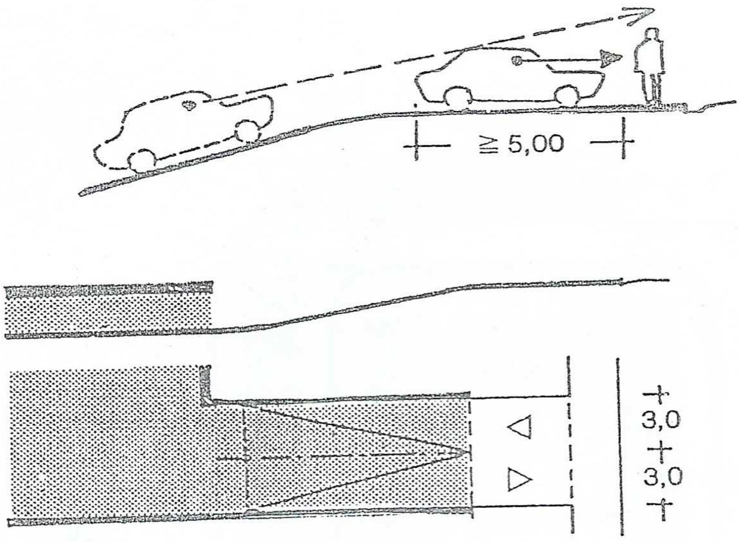
Multi-storied Parking facilities



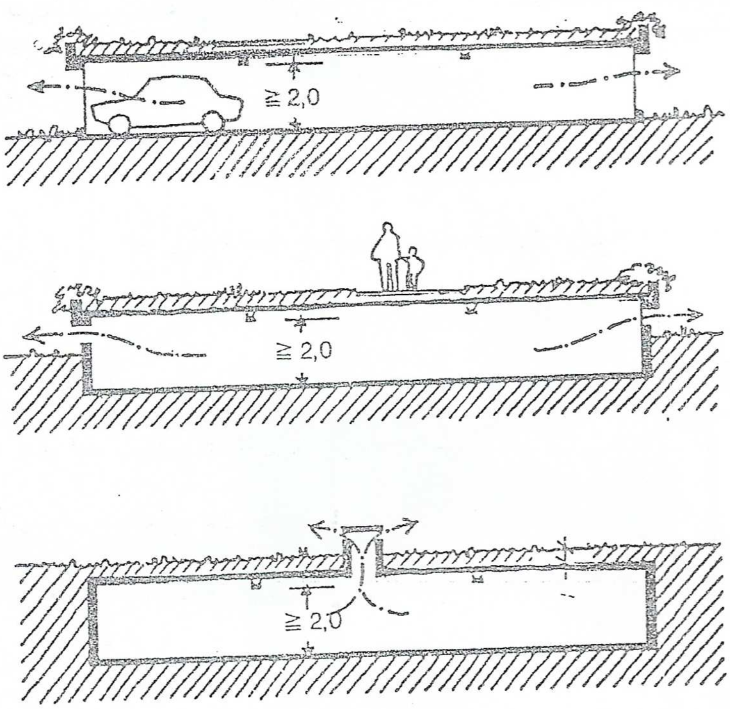
شكل٢٢: نماذج الجراجات متعددة الأدوار

ملاحظات (شكل ٢٣ & ٢٤)

- أقصى ميل للمنحدر ١٥ % (فى الغالب ٦ % - ٧ %)
- عرض المداخل أكبر من ٦ متر (يفضل ٦,٥ - ٧,٠ متر)
- أقل نصف قطر المنحنى الأفقى الداخلى على المنحدر ٦,٠ متر
- ضرورة الإهتمام بتهوية الجراجات.

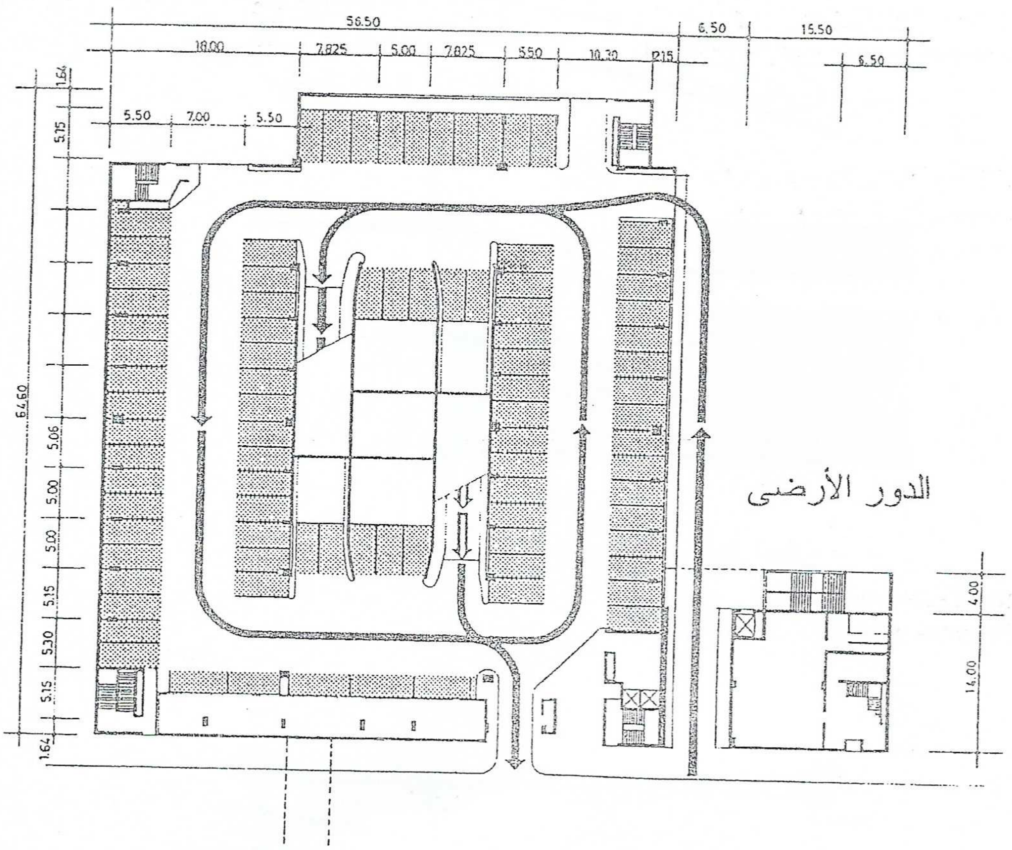


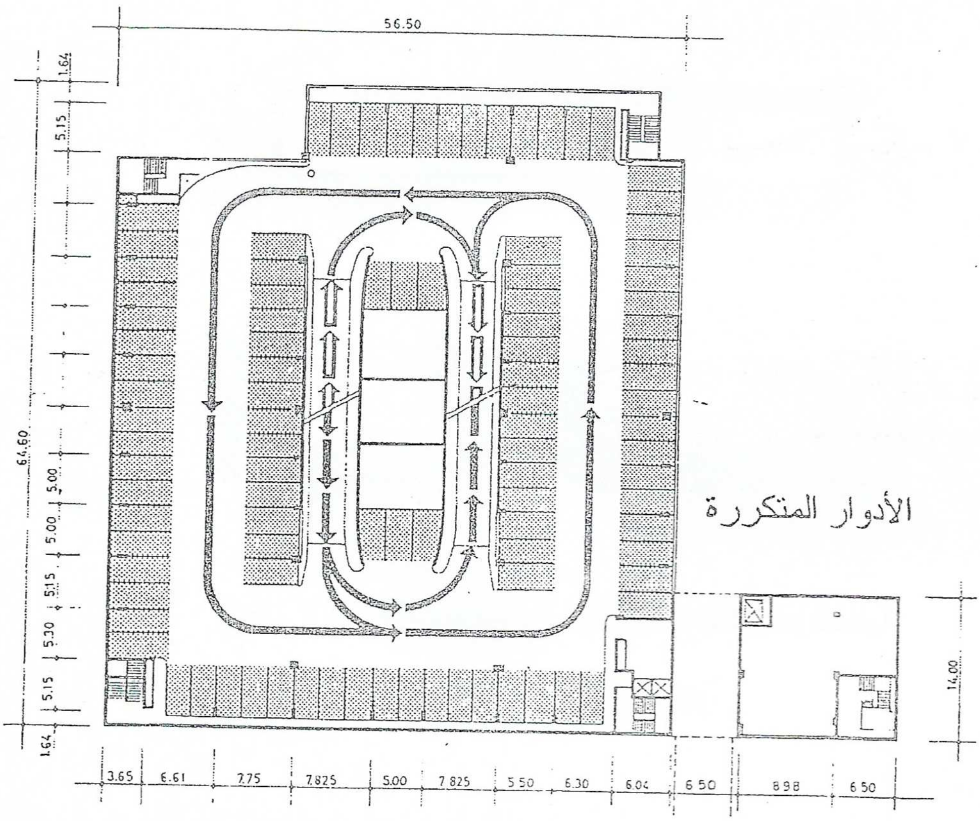
شكل ٢٣: عناصر تصميم مداخل الجراجات



شكل ٢٤ : مباديء تهوية الجراجات العلوية والسفلية

شكل ٢٥ يوضح مثال لتخطيط جراج متعدد الأدوار





شكل ٢٥: مثال لتخطيط جراج متعدد الأدوار

(٥-١) أنواع الحوادث — Types of Traffic Accidents

- تلفيات مادية
- إصابة جسدية طفيفة
- إصابة جسدية خطيرة
- موت

(٥-٢) أسباب الحوادث — Accident Reasons

١ - سرعات عالية عند المنحنيات

٢ - الإنجاه لليسار عند التقاطعات

٣ - عدم مراعاة أولويات العبور عند التقاطعات

٤ - عبور خاطيء للمشاة أو راكبي الدراجات

٥ - الظلام

٦ - التخطية الخاطئة

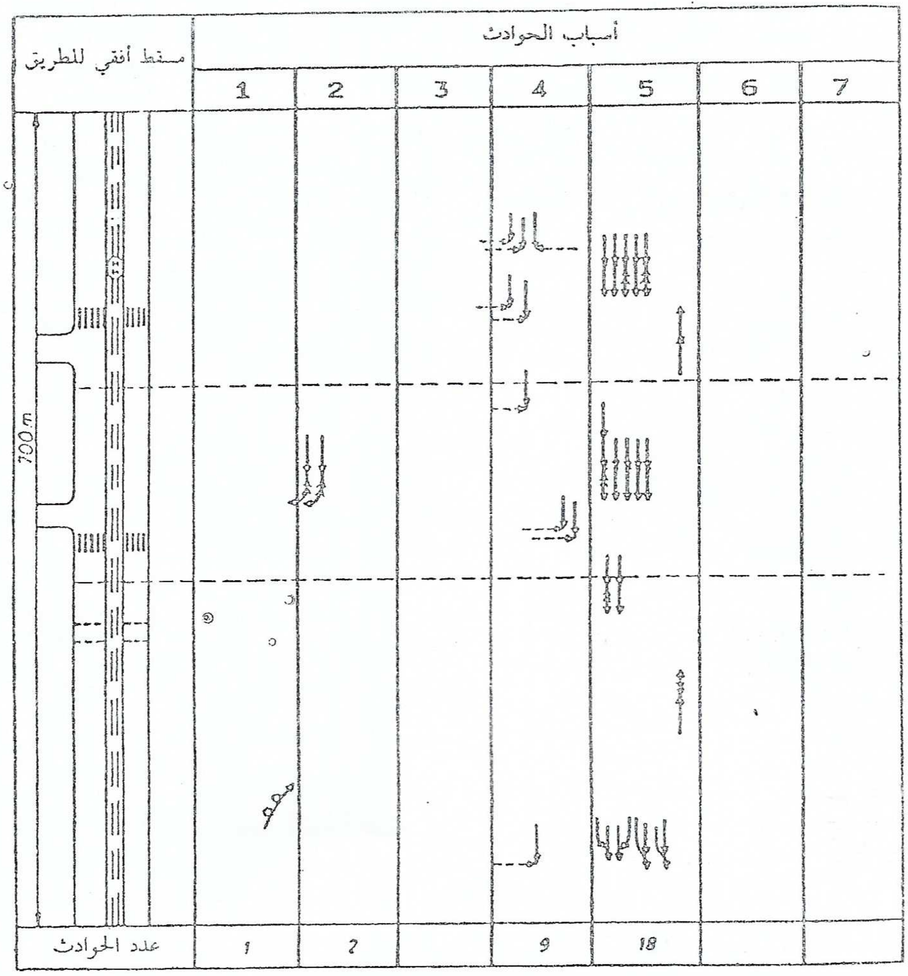
٧ - خلافة (الخمور، عيوب بالإشارات الضوئية، عيوب فنية بوحدات السير، الظروف الجوية كالأمطار والرياح)

(٥-٣) رصد الحوادث على الطريق — Accident Records

على الطريق التي يكثر فيها الحوادث يتم رصد عدد ونوع ومواقع الحوادث خلال فترة زمنية محددة وتوقيعها في جدول كما هو مبين في المثال التالي:

ملحوظة

يفضل وضع رمز معين لكل سبب من أسباب الحوادث سابقة الذكر



جدول رصد الحوادث على الطريق

(٥-٤) كثافة الحوادث على طريق (D)

Accident Density

$$D = \frac{n}{L\ .T} \text{(Accidents / Km per year)}$$

حيث n = عدد الحوادث على طريق معين طوله L خلال T عاما

(٥-٥) معدل الحوادث على طريق (R)

Accident Rate

$$R = \frac{n \times 10^6}{365\,M\,L\,T} \text{(Accidents/}10^6\text{ Veh.Km per Year)}$$

عدد السيارات خلال عام

حيث M = متوسط عدد السيارات المارة على الطريق في اليوم الواحد

مثال

احسب كثافة الحوادث ومعدل الحوادث على طريق طوله ١٠ كم، إذا علم أن أعداد الحوادث السنوية ومتوسط عدد السيارات المارة على الطريق في اليوم، كما فى الجدول التالى:

عام	عدد الحوادث	متوسط عدد السيارات في اليوم
١	١٥	٩٠٠٠
٢	١٠	٩٦٠٠
٣	١١	١٠٠٥٠

الحل

$$D = (15+10+11)/(10\times 3) = 1.2 \ \text{Acc./Km per Year}$$

$$R = \frac{(15+10+11)\times 10^6}{365\times(9000+9600+10050)\times 10}$$

$$= 0.344 \ \text{acc.}/10^6 \ \text{Veh.Km per Year}$$

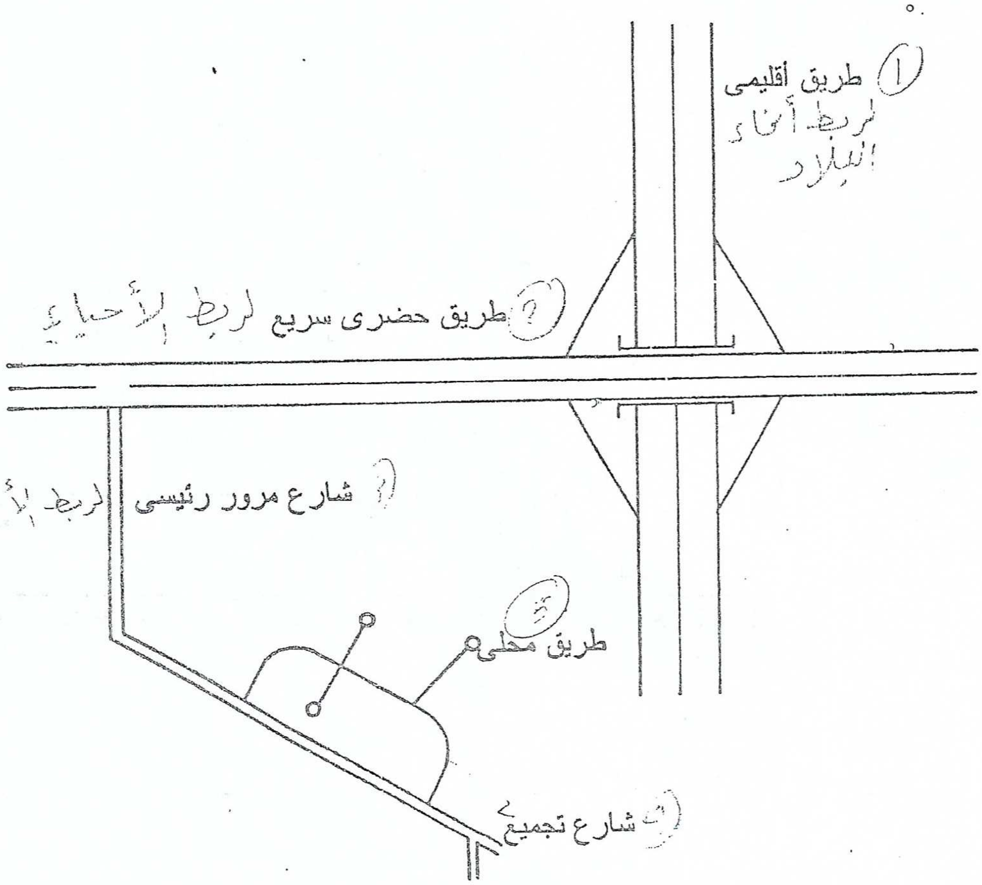
(٥-٦) الوقاية من حوادث المرور — Accident Reduction

- التوعية المرورية (مدارس، صحافة، إذاعة، تلفزيون، ندوات سياسية)
- قوانين المرور وتنفيذها بحزم (بما في ذلك الكشف الفني الدوري على المركبات والكشف الفني الفجائي على المركبات أثناء السير)
- التخطيط الهندسي (كما في الجدول التالي)

طرق التغلب عليه	سبب الحادث
- علامات فسفورية بوجود منحنى - تحسين الإضاءة - تحديد سرعة المسير - تحسين التخطيط الهندسي للمنحنى	سرعات عالية عند المنحنيات
- وضع علامات تحديد أولويات المسير - وضع إشارات مرور ضوئية وزيادة عدد الأطوار - منع الإتجاه لليسار - عمل حارات خاصة للإتجاه لليسار	الإتجاه لليسار عند التقاطعات
- وضع علامات تحدد أولويات المسير - وضع إشارات مرور ضوئية - تحديد سرعة المسير	عدم مراعاة أولويات العبور عند التقاطعات
- تخطيط ممرات عبور المشاه - تحسين الإضاءة - وضع علامات أو إشارات ضوئية للمشاة - منع إنتظار السيارات التى تمنع الرؤية	عبور خاطيء للمشاة
- تحسين الإضاءة - منع إنتظار السيارات التى تمنع الرؤية	الظلام
- تحديد حارات الطريق - منع تخطية السيارة الأمامية (بعلامات مرور) - توسيع الحارات - تحسين الإضاءة	التخطية الخاطئة

تصنيف
Road Classification

٦-١ تصنيف الطريق (تدرج وظائف الطرق- شكل ٢٦)



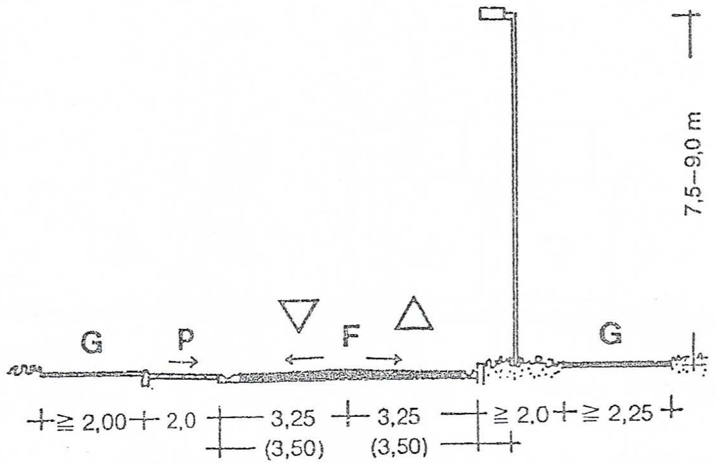
شكل ٢٦: تصنيف الطرق

الطريق الإقليمي يصل بالطريق القومية السريعة التي تربط المدينة بباقي أنحاء البلاد، الطريق الحضري السريع يربط أحياء المدينة بعضها البعض، طرق المرور الرئيسية تصل الأقسام بعضها البعض، طرق التجمع تمتص أحجام المرور المتولدة على الطرق المحلية وتغذى طرق المرور الرئيسية عند عدد محدود جداً من التقاطعات، الطرق المحلية تخدم المساحات المختلفة بالمناطق السكانية والصناعية.

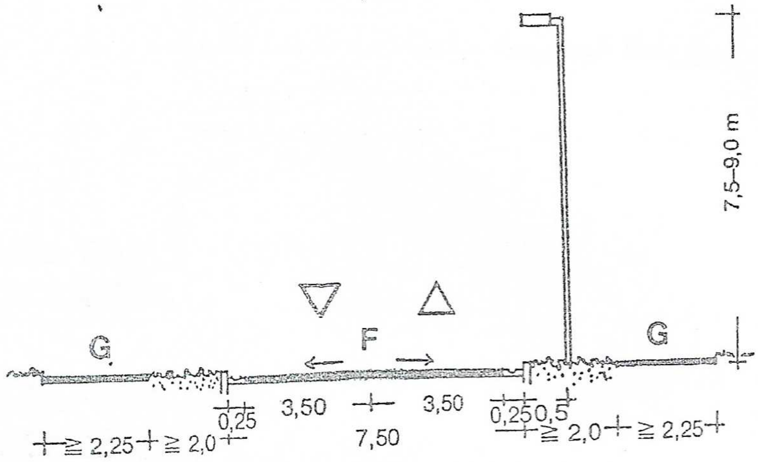
خصائص الطرق
Road Characteristics

يُمكن إيجاز خصائص الطرق كما في الجدول التالي:

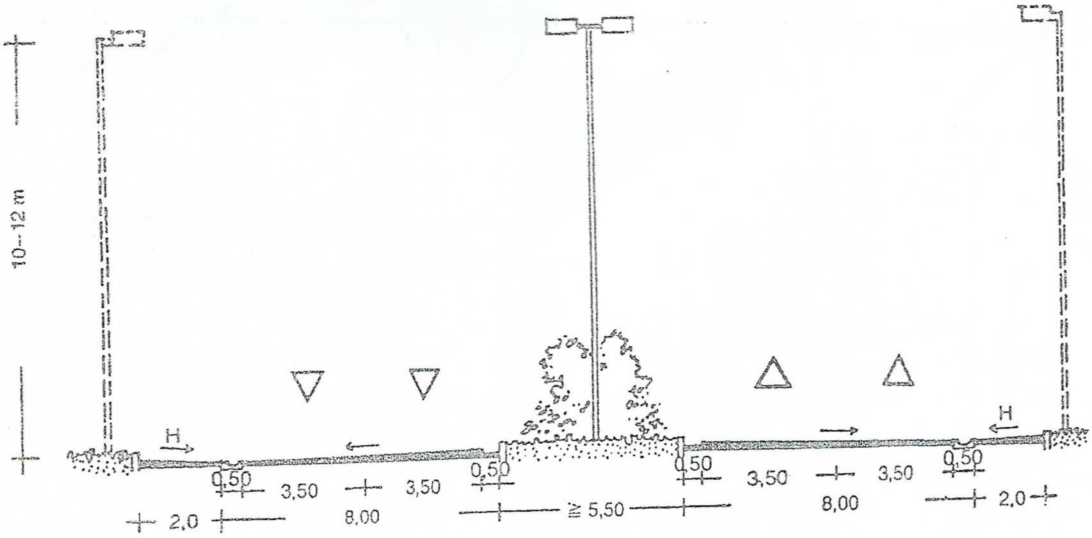
خصائص الطرق	طريق اقليمي	طريق حضري	مرور رئيسي	تجمع	محلي
السرعة التصميمية	١٠٠ كم/الساعة	٨٠ كم/الساعة	٥٠ – ٦٠ كم/الساعة	٤٠ – ٥٠ كم/الساعة	٣٠ – ٤٠ كم/الساعة
عدد الحارات	٢ + ٢ أو ٣ + ٣	٢ + ٢ أو ٣ + ٣	٢ + ٢	٢ + ٢ أو ١ + ١	١ + ١
عرض الحارة (متر)	٣,٥٠ – ٣,٧٥	٣,٥	٣,٠٠ – ٣,٥٠	٣ – ٣,٥٠	٢,٥٠ – ٣,٢٥
جزيرة وسطى	٢,٠٠ م على الأقل	٢,٠٠ م على الأقل	ينصح ١,٥ م	لا	لا
أرصفة	–	–	أكبر من ٣,٠ م	أكبر من ٣,٠ م	أكبر من ٢,٠ م
السماح بالإنتظار	لا	لا	محتمل على جانب واحد	نعم	نعم
مسار خطوط الأتوبيس	بدون محطات	بدون محطات	بمحطات	بمحطات	لا
المسافة بين التقاطعات (متر)	١٠٠٠ على مستويات رأسية	٥٠٠ – ٨٠٠ بإشارة ضوئية	٢٠٠ – ٣٠٠ بإشارة ضوئية	٥٠ – ١٠٠ علامات مرور	– علامات مرور
السعة (وحدة سير/الساعة/الإتجاه)	٣٠٠٠ – ٤٥٠٠	٢٤٠٠ – ٣٠٠٠	١٦٠٠	٤٠٠ – ١٠٠٠	٣٠٠



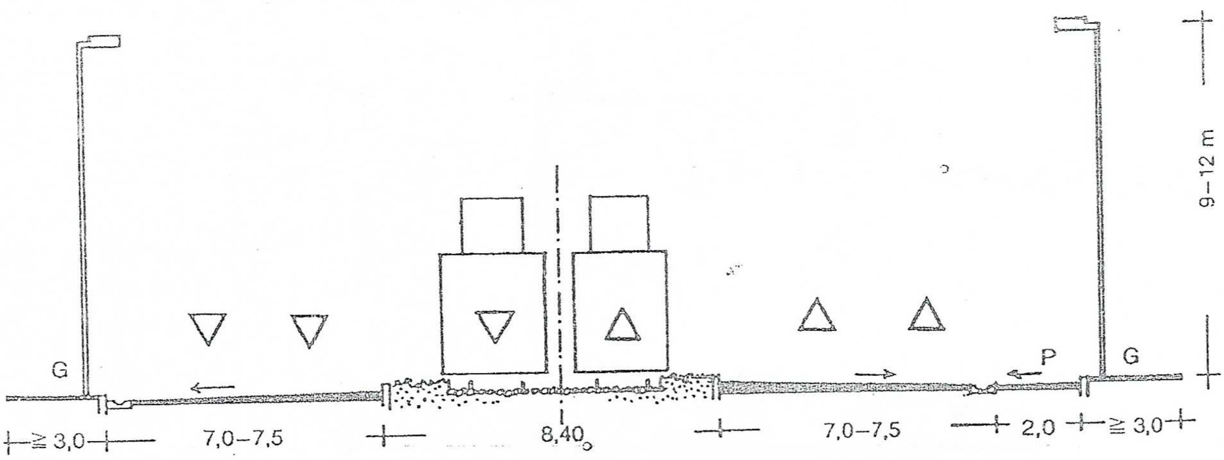
شارع مرور محلى



شارع تجميع



شارع مرور رئيسى

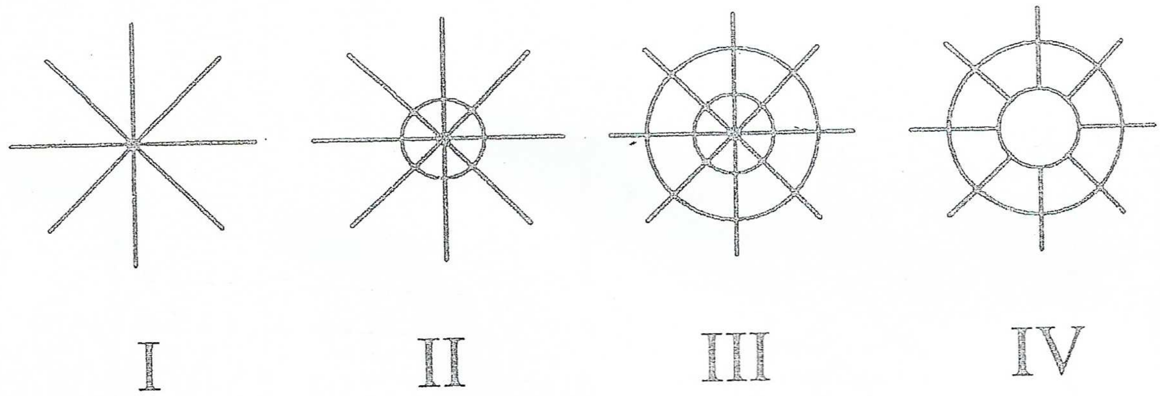


شارع مرور رئيسى مع سكة ترام فى المنتصف

شكل ٢٧: نماذج القطاعات العرضية للطرق

٦-٣ نماذج شبكات الطرق — Road Networks

أولاً - النماذج القطرية (شكل ٢٨) — Radial Networks



شكل ٢٨: نماذج شبكات الطريق القطرية

شبكة خطوط قطرية (I)

عيوبها: - جميع الإتصالات تتم عن طريق وسط المدينة

- جميع الطرق تتقاطع بمنطقة المدينة، ومع نمو المدينة وزيادة أحجام الحركة تزداد مشاكل المرور بوسط المدينة

شبكة خطوط قطرية مع طريق دائري حول وسط المدينة (II)

مميزاتها: - وسط المدينة مرتبط بجميع الأحياء

- المرور العابر لا يحتاج لدخول وسط المدينة

عيوبها: - جميع التنقلات بين الأحياء تتم على الطريق الدائري

- يجب أن يكون الطريق الدائري ذو سعة عالية وهذا يتعذر بالمدن التاريخية ذات الطرق الضيقة

شبكة خطوط قطرية مع طريقين دائريين (III)

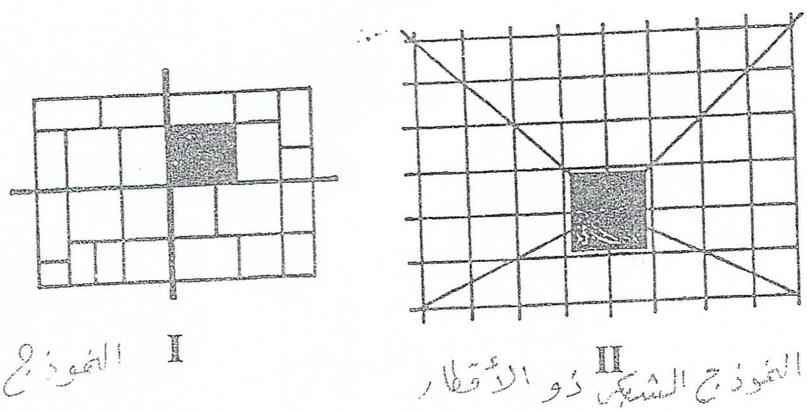
مميزاتها: سرعة الإتصال بين جميع أحياء المدينة

شبكة خطوط قطرية بدون مركز ولها طريقان دائريان (IV)

نفس النموذج السابق (III) عندما تزداد الإختلافات بمنطقة وسط المدينة، مركز المدينة يخصص للمشاة فقط

ثانياً - النماذج الشبكية (شكل ٢٩)

Grid Networks



شكل ٢٩: النماذج الشبكية

النموذج الشبكي البسيط (I)

مميزاتها: – سهولة نمو الشبكة في جميع الإتجاهات إذا ما نمت المدينة

– خدمة متساوية لجميع الأحياء

– للإنتقال من مصدر لهدف معين هناك مسارات بديلة عديدة

– من السهل تطبيق نظام الموجة الخضراء أو شبكات شوارع الإتجاه الواحد

عيوبها: – لا يوجد إتصال مباشر بين الأحياء المختلفة ووسط المدينة

– نظراً لكثرة عدد التقاطعات والمسارات البديلة يتطلب الأمر تواجد علامات إشارات مروري تبين للسائقين إتجاهات الطرق

النموذج الشبكي ذو الأقطار (II)

على طريق هذا النموذج يتم التخلص من العيب الأول بالنموذج الأول الشبكي البسيطه حيث يتم الإتصال المباشر بين الأحياء المدينة

٧- إدارة المرور Traffic Management (or Traffic Control)

الهدف الأساسي من إدارة المرور هو الإستغلال الأمثل للمساحات المتاحة من الطريق لتحقيق الآتي:

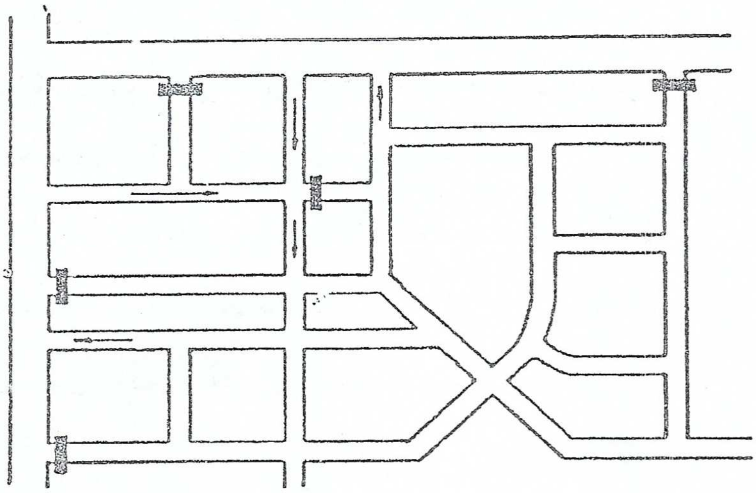
١– تهدئة المرور بالمناطق السكنية

٢– تحسين فرص التنقل بمنطقة وسط المدينه (كذلك بمراكز المدينة الثانوية)

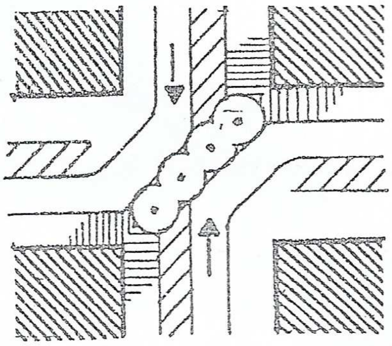
٣– تحسين إنسياب المرور على شبكة الطرق الرئيسية

٧-١ تهدئة المرور بالمناطق السكنية Traffic Calming in Residential Areas

❖ تكوين خلايا التهدئة: غلق بعض الطرق المحلية عند إتصالها بطرق التجمع وتحديد إتجاهات المرور بهذه الطرق كشوارع إتجاه واحد

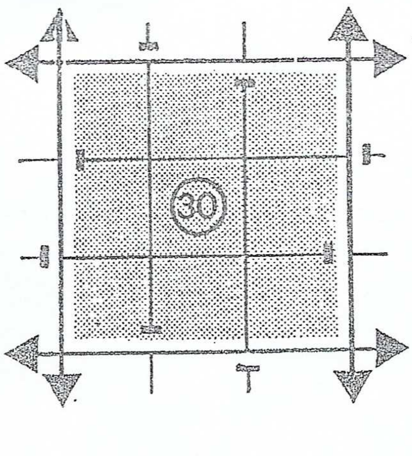


خلايا التهدئة



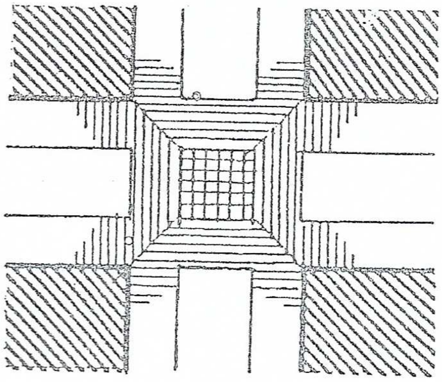
غلق بعض الطرق المحلية

❖ تحديد سرعة المسير ٣٠ كم/الساعة أو أقل



٣ ❖ فلنكات تهدئة السرعة (المطبات الصناعية)

فلنكات تهدئة السرعة إما تكون عرضية على إتجاه إنسياب المرور أو مربعة بمنطقة التقاطع



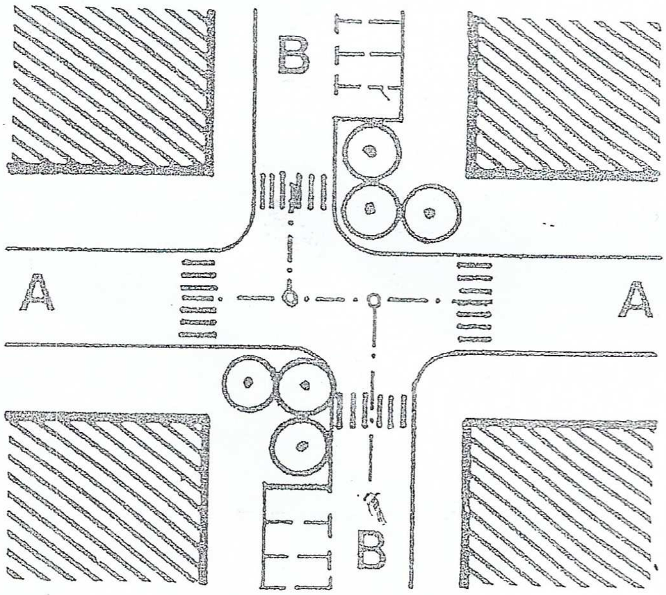
فلنكات التهدئة مربعة بمنطقة التقاطع



فلنكات تهدئة عرضية

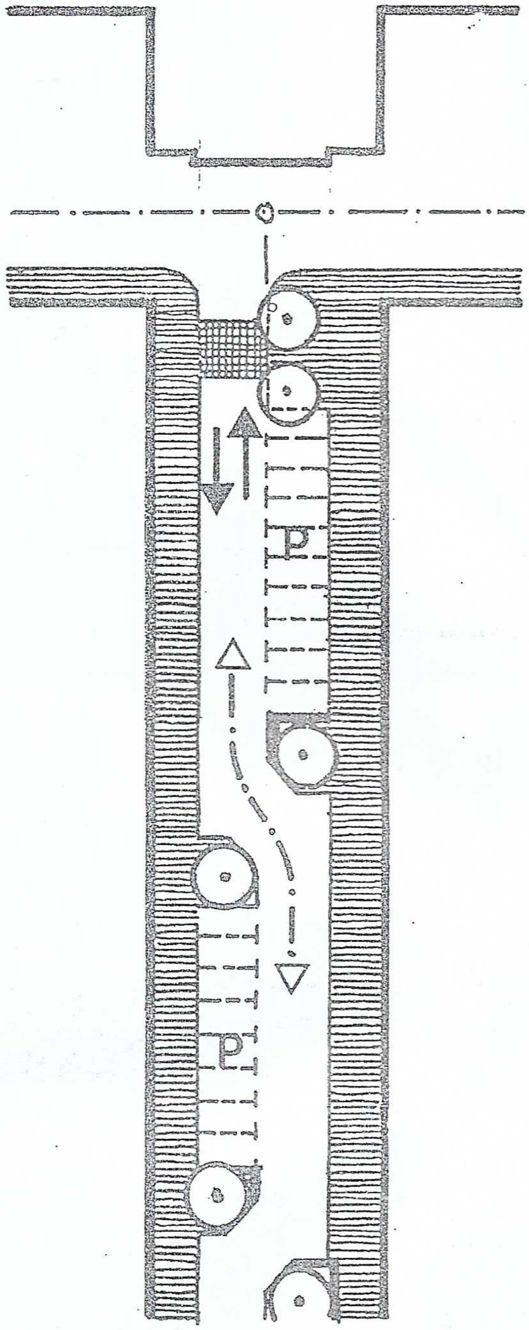
فلنكات التهدئة (المطبات الصناعية)

٤ ❖ تقليل عرض بعض الطرق المحلية بإنشاء أماكن انتظار للسيارات جديدة عليها (شكل ٢٩).



تقليل عرض الطرق

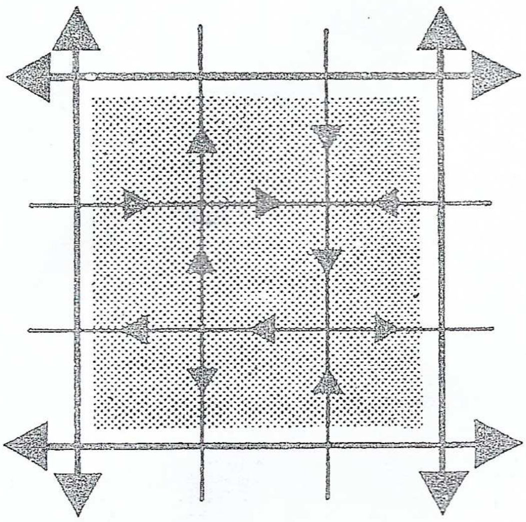
❖ التخطيط التبادلي لأماكن الإنتظار (بهدف إجبار سائقى السيارات على خفيض سرعة المسير)



التخطيط التبادلي لأماكن الإنتظار

- إنشاء مناطق للمشاه
- إنشاء شبكات شوارع الإتجاه الواحد (لضمان سيولة المرور ومنع المرور العابر من دخول منطقة وسط المدينة)
- تحديد النظم المناسبة لإنتظار السيارات (أماكن الإنتظار – مدة الإنتظار – تعريفة الإنتظار)

❖ شبكة شوارع الإتجاه الواحد



تشكل طرق الإتجاه الواحد على هيئة حرف T أو U

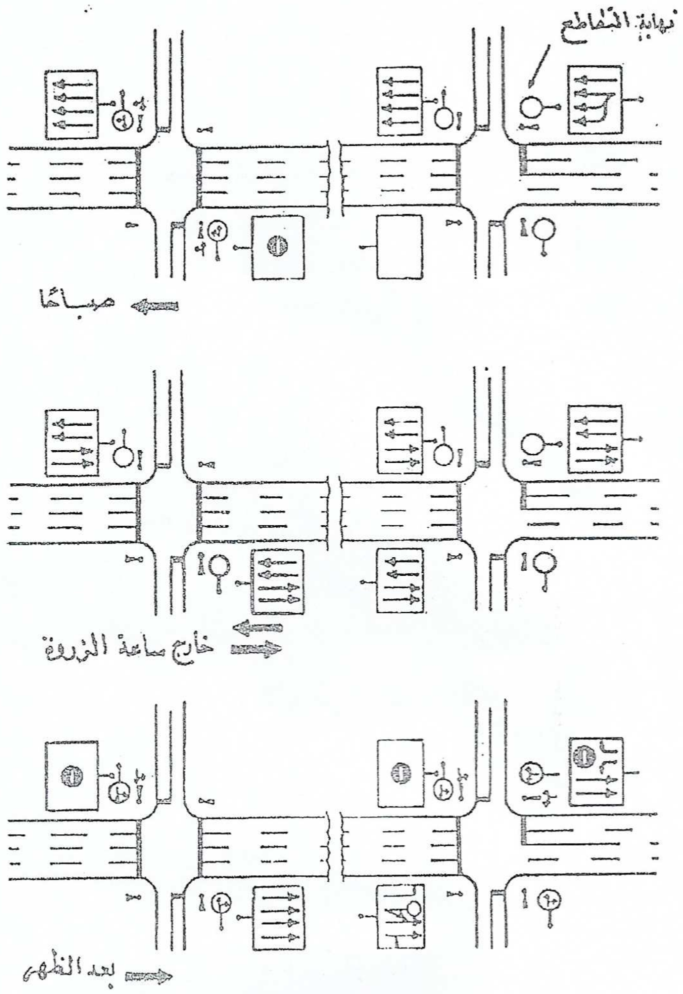
مميزاتها:
١. زيادة السرعة
٢. تحسين سعة الطرق
٣. تقليل عدد الأطوار بالإشارات الضوئية

عيوبها :
١. زيادة الرحلة
٢. زيادة الضوضاء وتلوث البيئة
٣. زيادة أعداد الحوادث، خاصة مع المشاه

٧-٣ تحسين إنسياب المرور على شبكة الطرق الرئيسية

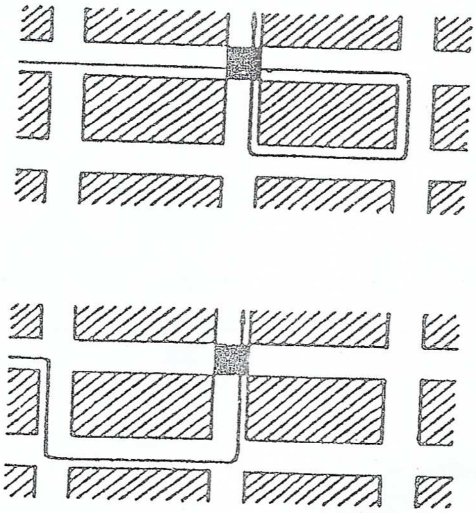
Improving the Traffic Condition on the main Traffic Arterials

❖ تغيير إتجاهات المرور زمنياً على شبكة الطرق (على سبيل المثال الإتجاه لوسط المدينة)



تغيير إتجاهات الحركة زمنيا

❖ تخفيف حدة الإختناقات عند بعض التقاطعات عن طريق منع الإتجاه لليسار



منع الإتجاه لليسار

Intelligent Traffic signals

❖ إشارات المرور الذكية (ITs)

re-routing

تستخدم إشارات المرور الذكية لتحويل إتجاهات المرور لمنطقة معينة بعيداً عن الإختناقات المرورية، وتعتمد فى ذلك على القياس اللحظى الأتوماتيكى لأحجام المرور فى الإتجاهات المختلفة

